



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ÁREA ACADEMICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRONICO Y TELECOMUNICACIONES

“DISEÑO Y SIMULACION DE UN MODULO PARA EL APRENDIZAJE
DE SISTEMAS ELECTRONEUMATICOS”

PERSONAL INVESTIGADOR:

BACH. SALDARRIAGA CASTILLO DAVID ALEJANDRO

ASESOR:

ING. FRANKLIN BARRA ZAPATA

PIURA – PERÚ

2015

7753
SAL



**“DISEÑO Y SIMULACION DE UN MODULO PARA EL APRENDIZAJE
DE SISTEMAS ELECTRONEUMATICOS”**

Br. Saldarriaga Castillo David Alejandro

Ejecutor de Tesis

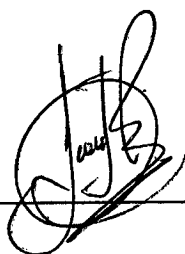
Ing. Franklin Barra Zapata

Asesor

Los miembros del jurado designados para evaluar la tesis presentada por el Bachiller Saldarriaga Castillo David Alejandro, titulada:

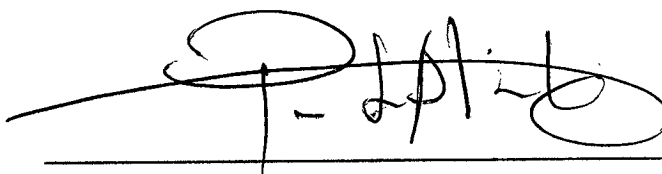
**“DISEÑO Y SIMULACION DE UN MODULO PARA EL APRENDIZAJE
DE SISTEMAS ELECTRONEUMATICOS”**

Considera que la misma cumple con los requisitos exigidos para alcanzar al Título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.



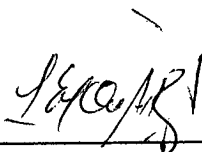
Ing. Jacinto Sandoval Juan Manuel

Presidente



Ing. Panduro Alvarado Miguel Angel

Secretario



Ing. Avila Regalado Eduardo Omar

Vocal

DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia pues por ustedes soy quien soy.

A mis padres, en los que siempre encontré apoyo, confianza y la fuerza para seguir adelante, porque su sabiduría, comprensión y sacrificio son la razón de que yo pueda lograr mis sueños.

A mis hermanos por ser mi ejemplo, por motivarme a alcanzar mis metas y ser los compañeros de mi felicidad.

A mi familia entera porque todos ellos siempre me han apoyado en mi vida estudiantil e influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, siendo este también el logro de ellos, ahora me toca regresar un poco de todo lo que me han otorgado.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no se podía llevar a cabo sin la colaboración de muchas personas. A todos; mi más sincero agradecimiento.

A los ingenieros:

- ING. Franklin Barra Zapata
- ING. Eduardo Omar Ávila regalado

Por toda la ayuda brindada en esta investigación, ya que con sus conocimientos, me supieron guiar para alcanzar el objetivo propuesto.

A mi asesor de proyecto ING. Franklin Barra Zapata, por su disponibilidad para llevar el proyecto y por su apoyo en cada momento.

RESUMEN

La electroneumática es muy utilizada dentro de la industria para el desarrollo de distintas actividades secuenciales y poco a poco se va incrementando su uso debido a las ventajas que aporta.

Este trabajo se orienta a buscar una solución en cuanto a diseñar y simular un módulo de prácticas electroneumáticas para la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones que instruya al estudiante a la solución de problemas de diseño de circuitos electroneumáticos con ayuda de un simulador.

Para la solución de las problemáticas que se presentan en el uso de la electroneumática se deben emplear de forma correcta alguna de las metodologías prácticas y uso de software de simulación para el diseño de las secuencias, según las características del proceso electroneumático.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo tiene como objetivo realizar un módulo de prácticas de laboratorio para sistemas Electroneumáticos desde las más fundamentales hasta prácticas complejas que garantizan su ejecución y aprendizaje.

Se describirán elementos neumáticos y electroneumáticos, usados para la automatización de procesos de industriales, y también se describirá dispositivos eléctricos y electrónicos, utilizados para el control o mando de actuadores neumáticos.

Se enseñarán los métodos para el conocimiento del control mediante electroneumática, la importancia que tiene la implementación y uso de los mecanismos neumáticos en la industria, así como sus ventajas y formas de control de estos mecanismos.

La elaboración del módulo electroneumático se asocia a la utilización de un software simulador como Automation Studio y FluidSIM que nos permite comprobar el diseño y analizar el funcionamiento de los sistemas.

Un tema de vital importancia dentro de este trabajo es el conocimiento del controlador lógico programable, por lo que se tocan las ventajas del uso de los PLC dentro del control electroneumático, así como la conclusión de los mejores métodos de control electroneumático.

Se desarrolla también la integración del software CODESYS y FluidSIM con la finalidad de crear una herramienta óptima en la solución, desarrollo y diseño de procesos electroneumáticos, controlados mediante métodos que incluyen el uso de PLC, para verificar su buen funcionamiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Descripción de la realidad problemática.....17

1.2 Delimitaciones y definición del problema.....18

1.2.1 Delimitación del problema.....18

1.2.2 Definición del Problema.....18

1.2.3 Formulación del problema.....19

1.4 Objetivos de la Investigación.....19

1.4.1 Objetivo General.....19

1.4.2 Objetivos específicos.19

1.5 Hipótesis General.....19

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....20

2.2 Marco Histórico.....21

2.3 Marco Conceptual.....21

2.3.1 Automatización.....21

2.3.2 Neumática.....	22
2.3.3 Electroneumática.....	22
2.4 Sistemas electroneumáticos.....	22
2.4.1 Aplicaciones.....	22
2.4.2 Ventajas de los sistemas electroneumáticos.....	23
2.4.3 Desventajas de los sistemas electroneumáticos.....	23
2.5 Componentes de un sistema electroneumático.....	24
2.5.1 Cilindros neumáticos.....	25
2.5.1.1 Cilindro de simple efecto.	25
2.5.1.2 Cilindro de doble efecto.....	26
2.5.2 Electroválvulas.....	27
2.5.2.1 Válvulas distribuidoras.....	27
2.5.2.2 Válvulas solenoides.	28
2.5.3 Detectores de señal.....	29
2.5.3.1 Captadores neumáticos de accionamiento mecánico.....	30
2.5.3.1.1 Válvula de rodillo.....	30
2.5.3.1.2 Válvula de accionamiento directo.....	30
2.5.3.2 Captadores eléctricos.....	31
2.5.3.2.1 Contacto normalmente abierto.....	31
2.5.3.2.1 Contacto normalmente cerrado.....	32
2.5.3.3 Detectores de proximidad.....	32
2.5.3.3.1 Detectores magnéticos.....	32
2.5.3.3.2 Detectores inductivos.....	33
2.5.3.3.3 Detectores ópticos.....	34

2.5.4 Relevador.....	35
2.5.4 Controlador Lógico programable (PLC)	37
2.5.4.1 Estructura de un PLC.....	37
2.5.4.2 Ventajas.....	38
2.5.4.3 Desventajas.....	38
2.5.4.4 Lenguaje de contactos (Ladder).....	38
2.5.5 Componentes auxiliares de circuitos electroneumáticos	40
2.5.5.1 Válvula reguladora de caudal.....	40
2.5.5.2 Unidad de mantenimiento (FRL).....	41
2.5.5.3 Silenciadores.....	44
2.5.5.4 Manómetro.....	44
2.6 Circuitos electroneumáticos.....	45
2.6.1 Métodos de diseño.....	45
2.6.1.1 Diagrama de funcionamiento.....	45
2.6.1.1.1 Diagrama espacio-fase.....	45
2.6.1.1.2 Diagrama de señales.....	47
2.6.1.2 Método intuitivo.....	50
2.6.1.3 Método cascada.....	52
2.6.1.3.1 Diagrama de contactos.....	55
2.6.1.3.2 Método cascada electroneumática.....	57
2.6.1.4 Método paso a paso.....	59
2.6.1.5 Método secuencial.....	63
2.6.1.6 Diagramas ladder.....	67
2.7 Software de simulación.....	72
2.7.1 FluidSIM 4.5 Neumática.....	72

2.7.1.1 Comunicación OPC con otras aplicaciones.....	74
2.7.1.1.1 Descripción OPC.....	75
2.7.2 Automation Studio 5.0.....	77
2.7.3 CODESYS V2.3.....	80
2.7.3.1 Creación del proyecto.....	80
2.7.3.2 Reconocimiento del entorno.....	81
2.7.3.3 Configuración de comunicación OPC.....	82
 CAPITULO III	
 DISEÑO DEL MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO	
3.1 Estudio de Factibilidad.....	87
3.1.1 Factibilidad Técnica.....	87
3.1.1.1 Tecnología y solución propuesta.....	87
3.1.1.2 Disponibilidad de la tecnología.....	88
3.1.1.3 Conocimientos técnicos.....	88
3.1.2 Factibilidad Operativa.....	88
3.1.3 Factibilidad Económica.....	88
3.2 Diseño del módulo.....	89
3.2.1 Desarrollo de prácticas de laboratorio.....	89
3.2.1.1 Laboratorio I	89
3.2.1.1.1 Título.....	89
3.2.1.1.2 Objetivos.....	89
3.2.1.1.3 Materiales.....	89
3.2.1.1.4 Procedimiento.....	90
3.2.1.1.5 Descripción.....	90

3.2.1.1.6 Diagrama de señales y estado-fase.....	91
3.2.1.1.7 Esquema del circuito neumático.....	91
3.2.1.1.8 Simulación en FluidSIM.....	92
3.2.1.1.9 Conclusiones.....	92
3.2.1.1.10 Cuestionario.....	92
3.2.1.2 Laboratorio II	93
3.2.1.2.1 Título.....	93
3.2.1.2.2 Objetivos.....	93
3.2.1.2.3 Materiales.....	93
3.2.1.2.4 Procedimiento.....	93
3.2.1.2.5 Descripción.....	94
3.2.1.2.6 Esquema del circuito neumático.....	95
3.2.1.2.7 Circuito de control.....	95
3.2.1.2.8 Simulación en FluidSIM.....	96
3.2.1.2.9 Conclusiones.....	96
3.2.1.2.10 Cuestionario.....	96
3.2.1.3 Laboratorio III	97
3.2.1.3.1 Título.....	97
3.2.1.3.2 Objetivos.....	97
3.2.1.3.3 Materiales.....	97
3.2.1.3.4 Procedimiento.....	97
3.2.1.3.5 Descripción.....	97
3.2.1.3.6 Esquema del circuito neumático.....	98
3.2.1.3.7 Circuito de control.....	99
3.2.1.3.8 Simulación en Automation Studio.....	99
3.2.1.3.9 Conclusiones.....	100

3.2.1.3.10 Cuestionario.....	100
3.2.1.4 Laboratorio IV.....	101
3.2.1.4.1 Título.....	101
3.2.1.4.2 Objetivos.....	101
3.2.1.4.3 Materiales.....	101
3.2.1.4.4 Procedimiento.....	101
3.2.1.4.5 Descripción.....	101
3.2.1.4.6 Esquema del circuito neumático.....	102
3.2.1.4.7 Circuito de control.....	103
3.2.1.4.8 Simulación en FluidSIM.....	103
3.2.1.4.9 Conclusiones.....	104
3.2.1.4.10 Cuestionario.....	104
3.2.1.5 Laboratorio V.....	105
3.2.1.5.1 Título.....	105
3.2.1.5.2 Objetivos.....	105
3.2.1.5.3 Materiales.....	105
3.2.1.5.4 Procedimiento.....	105
3.2.1.5.5 Descripción.....	105
3.2.1.5.6 Esquema del circuito neumático.....	106
3.2.1.5.7 Circuito de control.....	107
3.2.1.5.8 Simulación en Automation Studio.....	107
3.2.1.5.9 Conclusiones.....	108
3.2.1.5.10 Cuestionario.....	108

3.2.1.6 Laboratorio VI	109
3.2.1.6.1 Título.....	109
3.2.1.6.2 Objetivos.....	109
3.2.1.6.3 Materiales.....	109
3.2.1.6.4 Procedimiento.....	109
3.2.1.6.5 Descripción.....	109
3.2.1.6.6 Esquema del circuito neumático.....	110
3.2.1.6.7 Diagrama de control.....	111
3.2.1.6.8 Simulación en Automation Studio.....	112
3.2.1.6.9 Conclusiones.....	113
3.2.1.6.10 Cuestionario.....	113
3.2.1.7 Laboratorio VII	114
3.2.1.7.1 Título.....	114
3.2.1.7.2 Objetivos.....	114
3.2.1.7.3 Materiales.....	114
3.2.1.7.4 Procedimiento.....	114
3.2.1.7.5 Descripción.....	115
3.2.1.7.6 Esquema del circuito neumático.....	116
3.2.1.7.7 Diagrama de control.....	116
3.2.1.7.8 Simulación en Automation Studio.....	117
3.2.1.7.9 Conclusiones.....	117
3.2.1.7.10 Cuestionario.....	117
3.2.1.8 Laboratorio VIII	118
3.2.1.8.1 Título.	118
3.2.1.8.2 Objetivos.....	118
3.2.1.8.3 Materiales.....	118

3.2.1.8.4 Procedimiento.....	118
3.2.1.8.5 Descripción.....	119
3.2.1.8.6 Esquema del circuito neumático.....	121
3.2.1.8.7 Diagrama y programación de control.....	121
3.2.1.8.8 Simulación en FluidSIM y CODESYS.....	123
3.2.1.8.9 Conclusiones.....	125
3.2.1.8.10 Cuestionario.....	125
3.2.1.9 Laboratorio IX.....	126
3.2.1.9.1 Título.....	126
3.2.1.9.2 Objetivos.....	126
3.2.1.9.3 Materiales.....	126
3.2.1.9.4 Procedimiento.....	126
3.2.1.9.5 Descripción.....	127
3.2.1.9.6 Esquema del circuito neumático.....	128
3.2.1.9.7 Diagrama y programación de control.....	129
3.2.1.9.8 Simulación en FluidSIM y CODESYS.....	131
3.2.1.9.9 Conclusiones.....	133
3.2.1.9.10 Cuestionario.....	133

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Pruebas y resultados de las simulaciones.....	134
4.1.1 Fortalezas.....	135
4.1.2 Oportunidades.....	135
4.1.3 Debilidades.....	135

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....136

5.2 Recomendaciones.....137

BIBLIOGRAFIA

APENDICES

CAPÍTULO I

1.- PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1 Descripción de la realidad problemática.

La electroneumática es una de las técnicas de automatización que en la actualidad viene cobrando vital importancia en la optimización de los procesos a nivel industrial. Su evolución fue a partir de la neumática, disciplina bastante antigua que revolucionó la aplicación de los servomecanismos para el accionamiento de sistemas de producción industrial. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electroneumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos.

La electroneumática se utiliza con éxito en muchas áreas de la automatización industrial. La producción, montaje y embalaje de todo el mundo son impulsados por los sistemas de control electroneumático.

Los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones deben tener conocimiento del control de circuitos electroneumáticos pues esta área de la electrónica es de mucha importancia en el sector industrial debido a que realiza la aplicación de automatización de procesos.

El uso de diversos sistemas secuenciales en la industria exige que los profesionales tengan conocimiento y aplicación de la metodología Electroneumática debido a las ventajas que aporta al control y resolución de estas secuencias y aún mayor empleando controladores lógicos programables. La Electroneumática se extiende a diferentes aplicaciones en procesos industriales y sistemas de automatización, es por esto que los estudiantes deben fortalecer el conocimiento al respecto de sistemas electroneumáticos.

Los profesionales egresados de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones deben desarrollar habilidades técnicas en el área de control eléctrico para su desarrollo personal y el de la Escuela, pero sólo llegan a conocer la parte teórica de los sistemas secuenciales usados en los procesos industriales. El proceso de enseñanza debe complementarse para que los alumnos no presenten falencias al momento en que se

encuentren ante el ambiente industrial real y tengan mayor oportunidad en el ámbito laboral. El complemento de las clases teóricas son las prácticas de laboratorio, el diseño del módulo de prácticas Electroneumáticas permitirá reforzar los conocimientos de los alumnos de la Escuela en dos ramas de la automatización como la neumática y la electricidad y así garantizar el buen desempeño de los alumnos en el campo laboral y la industria moderna.

El diseño del presente trabajo tiene como objetivo realizar un módulo en el que se simularán sistemas electroneumáticos con diferentes software como Automation Studio, FluidSim entre otras herramientas utilizadas en la automatización de procesos industriales.

1.2 Delimitación y definición del problema.

1.2.1 Delimitación del problema.

En los procesos industriales es indispensable la automatización, los componentes electroneumáticos se emplean para ejecutar movimientos como transporte, etiquetado, llenado de recipientes, es por eso que la electroneumática constituye una herramienta muy importante dentro del control automático.

La Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones debe reconocer la importancia de esta rama de la automatización y tener como objetivo fortalecer las habilidades del estudiante de la Escuela acorde a las necesidades actuales y avances de la tecnología.

La necesidad actual que presenta el sector industrial espera profesionales capacitados que se desempeñen en la instalación y mantenimiento de sistemas de control neumático y electroneumático, pero el material didáctico existente en la Escuela es escaso respecto a la resolución de sistemas secuenciales electroneumáticos.

En la Escuela actualmente no se cuenta con cursos o prácticas de laboratorio de sistemas electroneumáticos con una metodología que garantice la ejecución y el aprendizaje de los sistemas ya mencionados.

Este trabajo surge ante la falta de un módulo didáctico en la Escuela que imparta la aplicación teórica práctica de automatización el cual permitirá simular secuencias de procesos con el fin de elevar la competencia en la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones beneficiándose así los estudiantes de la Escuela.

1.2.2 Definición del problema.

La electroneumática comprende un amplio campo de utilización dentro de la industria para el desarrollo de diferentes actividades secuenciales, y se ha incrementado su uso debido a las ventajas que aporta. La realidad problemática descrita en este trabajo se orienta a buscar una solución en cuanto a diseñar y simular un módulo de prácticas electroneumáticas para la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones que instruya al estudiante a la solución de problemas de diseño de circuitos electroneumáticos con ayuda de un simulador.

1.2.3 Formulación del problema.

Definido el problema en cuanto a la necesidad de aprender sistemas electroneumáticos, este trabajo propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible diseñar y simular un módulo de sistemas electroneumáticos para la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones?

1.4 Objetivos de la investigación.

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar y simular un módulo para la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Piura para el aprendizaje de sistemas electroneumáticos.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Seleccionar los elementos necesarios que permitan desarrollar las prácticas de electroneumática.
- Realizar una descripción de las prácticas que aporten al fortalecimiento de conocimientos de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- Investigar el uso de software que permitan realizar la simulación de las prácticas del módulo.

1.5 Hipótesis general.

Usando las tecnologías existentes, si es posible diseñar y simular un módulo de aprendizaje de sistemas electroneumáticos que ayude a la enseñanza de automatización de los alumnos de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Piura.

CAPÍTULO II

2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

Se ha revisado y estudiado diferentes libros y tesis que preceden al tema de investigación y son nuestro punto de referencia:

- En el libro técnico de FESTO “Fundamentos de la técnica de automatización” se señalan diferentes temas de importancia como: características de los actuadores (cilindros neumáticos), funcionamiento de unidades de control (PLC), el uso de relés en la electroneumática; que permiten de manera didáctica al lector el aprendizaje de procesos electroneumáticos.
- Los señores Vicente Lladonosa Giró y José Manuel Gea Puertas, en su libro titulado “Circuitos Básicos de Ciclos Neumáticos y Electroneumáticos” exponen apartados de cómo diseñar los diagramas de funcionamiento de los circuitos e identificar elementos que los componen, de la forma de realizar esquemas electroneumáticos según métodos como cascada, y cuya finalidad es que el lector asimile y entienda el funcionamiento de los sistemas electroneumáticos.
- Según Antonio Creus Solé, en su libro titulado “NEUMÁTICA E HIDRÁULICA”, indica lo siguiente:

En este libro se presenta la metodología utilizada para el diseño y control de circuitos electroneumáticos que permite conocer y entender el funcionamiento de los dispositivos electroneumáticos, su control, sus limitaciones y la forma de realizar un correcto diseño de las instalaciones. A partir de estos conocimientos se pueden desarrollar las simulaciones de estos sistemas y su control desde un PLC (Controlador Lógico Programable) con la ventaja que ofrece este control como ser modificable.
- En la tesis “Manual consultivo de control neumático y electroneumático utilizando el software FESTO fluidSIM” se realiza el diseño y comprobación del funcionamiento de circuitos electroneumáticos mediante el software fluidSIM con el fin de que el usuario sea capaz de resolver problemas de control de secuencias y compruebe de manera práctica la aplicación de los métodos.

2.2 Marco histórico.

A través de los años, se ha incrementado el número de especialistas, técnicos e ingenieros enfrentados con problemas en los sistemas neumáticos en las ramas industriales. En el siglo XIX se comenzó a utilizar el aire comprimido en la industria de forma sistemática. A lo largo de la historia, fueron diseñados dispositivos neumáticos. Por ejemplo, fue inventado un fusil neumático, un freno de aire comprimido, un tranvía de accionamiento neumático, entre otros. Algunos de estos aún siguen en uso en una versión mejorada.

En 1868 George Westinghouse fabricó un freno de aire que revolucionó la seguridad en el transporte ferroviario. Es a partir de 1950 que la neumática se desarrolla ampliamente en la industria con el desarrollo paralelo de los sensores. Desde finales del siglo XX se ha implantado en fábricas, diferentes mecanismos para llegar a la automatización y la implantación de sistemas neumáticos que aporten en el control de procesos.

La lógica neumática y la unidad de control neumático de los sistemas de automatización de antaño han dado paso a la electrónica que, mediante los autómatas programables, ha abierto diferentes posibilidades y ha permitido la unión de ambas tecnologías, neumática y electrónica. Pero esta unión también presenta dificultades y obliga a sus aplicadores a un mejor conocimiento de ambas.

La técnica electroneumática constituye hoy en día el complemento ideal de la mecánica en cualquier proceso de producción moderno. Esta rama de la automatización se ha convertido con el paso del tiempo en una necesidad cotidiana, que no solo afecta ya a las grandes empresas, sino a cualquier industria independiente de su capacidad de producción.

Actualmente con el desarrollo de software especializados que contribuyen al aprendizaje de circuitos neumáticos y electroneumáticos se puede realizar la comprobación de diseño y simulación haciendo uso de estas herramientas de trabajo.

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Automatización.

La automatización abarca diversas ciencias de ingeniería, consiste en que las tareas de un proceso industrial se realicen de manera automática por máquinas u otros elementos tecnológicos en lugar de realizarlas manualmente.

Para configurar procesos automáticos modernos se necesitan tres componentes:

- Sensores para captar los estados del sistema
- Actuadores para emitir los comandos de control

- Unidades de control para la ejecución del programa y para tomar decisiones

2.3.2 Neumática.

La palabra neumática proviene del griego “pneuma” que significa aire o respiración. Se entiende por neumática a cualquier sistema técnico que funcione con aire comprimido. Transforma la energía del aire para generar fuerzas elevadas y para ejecutar trabajos mecánicos, es decir, para ejecutar movimientos.

Las instalaciones neumáticas modernas, utilizadas para la automatización, incluyen varios subsistemas que tienen las siguientes finalidades:

- Generar y alimentar aire comprimido (compresor, filtro)
- Distribuir aire comprimido (tubos rígidos y flexibles)
- Controlar el aire comprimido (válvulas de presión, válvulas de vías)
- Ejecutar tareas con aire comprimido (cilindros)

2.3.3 Electroneumática.

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos lo que les permite obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Utilizan válvulas solenoide, señales de realimentación de interruptores magnéticos, sensores e interruptores eléctricos de final de carrera. El PLC (controlador lógico programable) les permite programar la lógica de funcionamiento de un cilindro o de un conjunto de cilindros realizando una tarea específica. Entonces la electroneumática es la ciencia que combina los automatismos eléctricos y sus elementos con la forma de generar movimiento con actuadores neumáticos.

2.4 Sistemas Electroneumáticos.

Un sistema electroneumático típico está compuesto por un circuito neumático más un circuito eléctrico. La parte de fuerza del sistema es realizada por cilindros de accionamiento neumático los cuales junto con válvulas de pilotaje eléctrico (electroválvulas 5/2) monoestables o biestables, y detectores de finales de carrera magnéticos o de palanca y rodillo proporcionan los movimientos y la lógica electrónica o eléctrica necesarios para el control.

2.4.1 Aplicaciones.

Con la electroneumática se puede lograr hoy día cualquier nivel de automatización. En la industria moderna la electroneumática ocupa un lugar destacado debido a la sencillez de su aplicación, y continúa desarrollándose y ampliando su campo de aplicación. A continuación se muestran de forma resumida algunas aplicaciones más representativas:

- Movimientos de aproximación rápido y avance lento, típicos de las fresadoras y rectificadoras.
- Automatización de procesos de producción.
- Son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje y desplazamiento son elevados.
- Máquinas de embotellado y envasado.
- Máquina conformadora de chapa de aluminio.
- Curvadora de tubos de cobre.
- Estaciones de separación de piezas.
- Etiquetado y sellado de botellas.
- Embaladoras.
- Plegadoras de cajas de cartón.
- Manipuladores de cargas.
- Máquinas de taladro múltiple.
- Empaquetado, transporte y dispositivos de selección.
- Mecanismos de frenado.
- Accionamiento de puertas correderas.
- Extracción de aire y elevación por vacío de placas.

2.4.2 Ventajas de los sistemas electroneumáticos.

El uso de sistemas electrónicos y neumáticos proporciona una serie de ventajas, basadas en los diferentes procesos que se benefician de sus amplias funciones lógicas y aritméticas. Los siguientes argumentos recomiendan el uso de este tipo de sistemas:

- Los sistemas electroneumáticos permiten un alto grado de sofisticación y de flexibilidad.
- El accionamiento eléctrico es el adecuado cuando las distancias de transmisión son muy largas y los tiempos de conexión son cortos en comparación con sistemas neumáticos.
- Permiten una fácil automatización de procesos industriales complejos.
- La alta velocidad de transmisión de señales y procesamiento conduce a la significativa mejora de la productividad del sistema de automatización.
- Permite mandos de trabajo más rápidos.

2.4.3 Desventajas de los sistemas electroneumáticos.

El control lógico neumático debería tenerse siempre en cuenta cuando el control del controlador lógico programable no sea necesario, ya que es mucho más barato y sencillo de instalar que un circuito de relé eléctrico. Las principales desventajas de la electroneumática son:

- No recomendable para ambientes inflamables o en condiciones de alta humedad.
- Una limitación importante es el ruido; existen lugares donde su uso es limitado debido al ruido que producen los escapes de aire de los diferentes componentes.

- Las sobrecargas constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos de forma permanente.
- No se pueden manejar grandes fuerzas.

2.5 Componentes de un sistema electroneumático.

Describiremos los componentes del hardware neumático y eléctrico tales como cilindros neumáticos, válvulas solenoides (electroválvulas), en la parte neumática, relés, sensores y controladores lógicos programables en la parte eléctrica.

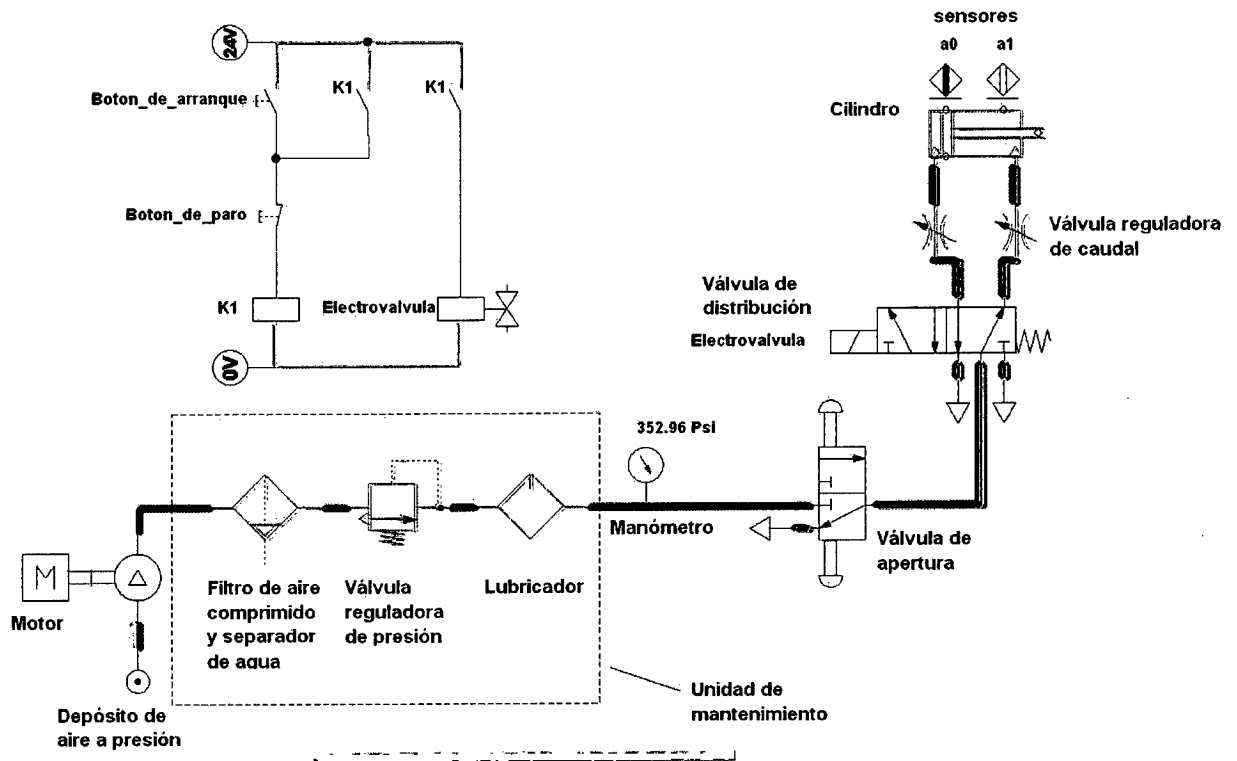


Figura 2.5-1. Componentes esenciales de un sistema de control electroneumático.

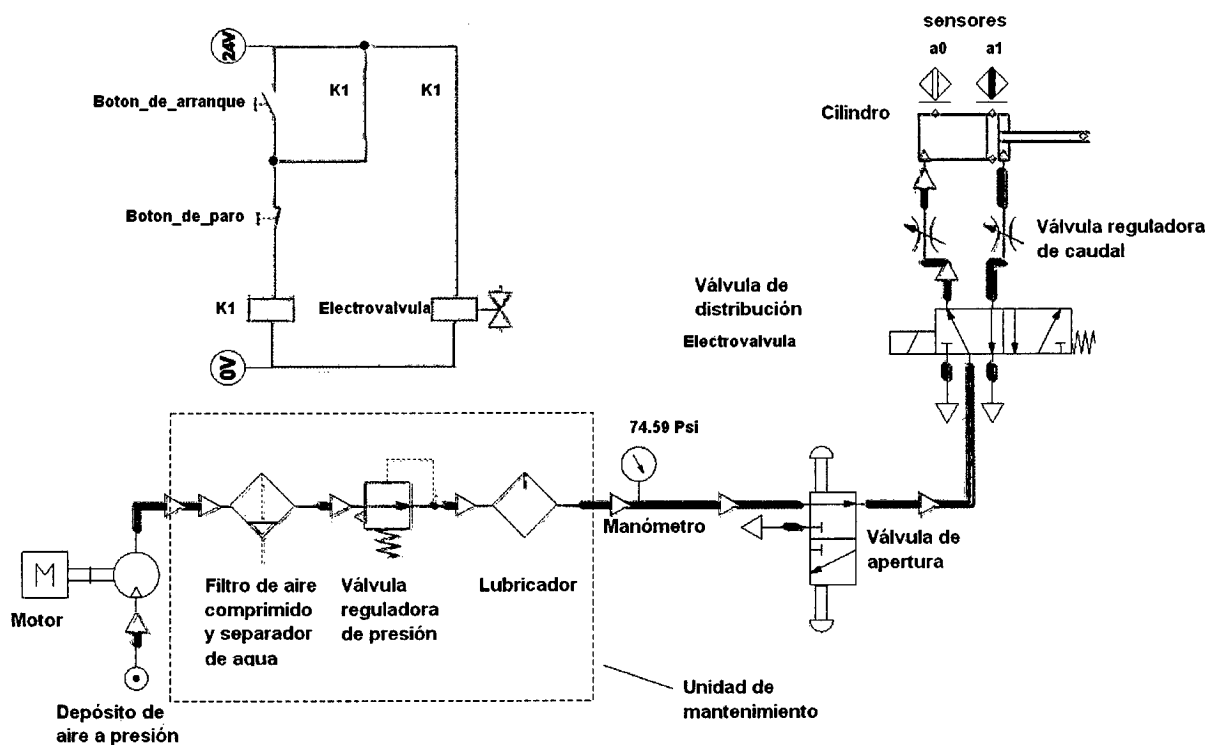
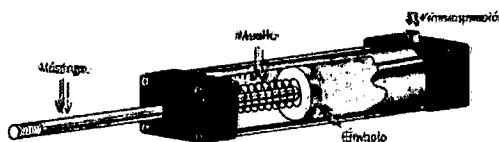


Figura 2.5-2. Simulación de los componentes en Automation Studio.

2.5.1 Cilindros neumáticos.

Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal, consisten en un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago. El control de la posición del cilindro se puede llevar a cabo mediante la colocación adecuada de interruptores eléctricos y/o neumáticos de accionamiento mecánico. La configuración apropiada y el montaje correcto son indispensables para el buen funcionamiento del sistema.

Figura 2.5.1-1. Partes de un cilindro.



Fuente: <https://tecnologiasq.wordpress.com/tecnologias-3/09-neumatica-e-hidraulica/>

2.5.1.1 Cilindro de simple efecto.

Estos cilindros sólo pueden ejecutar un trabajo en un solo sentido, pues el aire se alimenta en un solo lado, aplicando aire comprimido, el vástago del cilindro de simple efecto avanza hacia su posición final delantera. Para que el cilindro retroceda, debe descargarse primero el aire

contenido en la cámara para que el muelle de reposición aplique fuerza sobre el émbolo y el vástago se desplace hacia su posición final posterior.

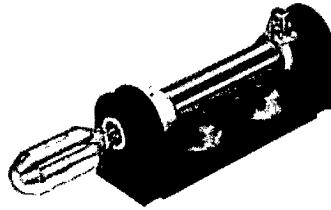


Figura 2.5.1.1-1. Cilindro de simple efecto FESTO.

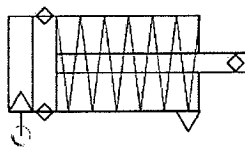
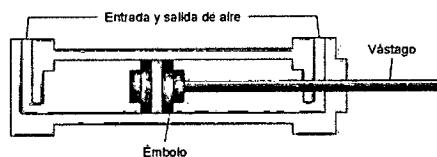


Figura 2.5.1.1-2. Símbolo.

2.5.1.2 Cilindro de doble efecto.

El cilindro de doble efecto no tiene un muelle de reposición, ya que ambas conexiones se utilizan para la alimentación y el escape de aire. El aire a presión entra por el orificio de la cámara trasera y, al llenarla, hace avanzar el vástago, que en su carrera comprime el aire de la cámara delantera que se escapa al exterior a través del correspondiente orificio. En la carrera inversa del vástago se invierte el proceso, penetrando ahora el aire por la cámara delantera y siendo evacuado al exterior por el orificio de la cámara trasera. La ventaja que presenta es poder ejecutar trabajo en ambos sentidos. Es apropiado para numerosas aplicaciones en comparación con el cilindro de simple efecto.

Figura 2.5.1.2-1. Cilindro de doble efecto.



Fuente: <https://tecnologiasq.wordpress.com/tecnologias-3/09-neumatica-e-hidraulica/>

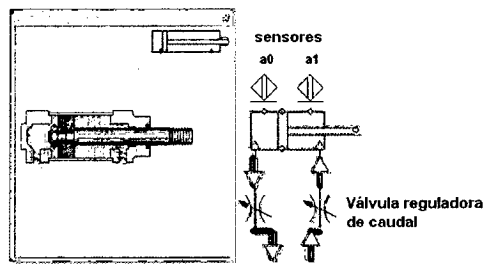


Figura 2.5.1.2-2. Simulación y animación de cilindro en Automation Studio.

2.5.2 Electroválvulas

Para regular el arranque, parada y el sentido así como la presión o el caudal del aire de los cilindros neumáticos, existen varios sistemas de accionamiento de las válvulas: manual, eléctrico, o neumático.

Los sistemas más utilizados son las válvulas distribuidoras, las válvulas antiretorno o de bloqueo, las válvulas reguladoras de presión y las reguladoras de flujo o de velocidad. Poseen una variedad de posiciones generalmente encontramos 2/2, 2/3, 4/2, 5/2, 4/3 y 5/3, donde el primer número es el de vías (entradas, salidas y descargas) y el segundo el de posiciones.

2.5.2.1 Válvulas distribuidoras

Las válvulas distribuidoras dirigen el aire comprimido hacia varias vías en el arranque, la parada y el cambio del sentido del movimiento del pistón dentro del cilindro. Se denomina vía a cada uno de los orificios a través de los cuales puede circular el aire en su proceso de trabajo.

En la simbología de estas válvulas DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organization) y CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), se utiliza la siguiente nomenclatura:

Figura 2.5.2.1-1. Simbología de válvulas distribuidoras.

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión del aire comprimido (alimentación)
A, B, C	2, 4, 6	Tuberías o vías de trabajo con letras mayúsculas
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
X, Y, Z	12, 14, 16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Fuente: Neumática e Hidráulica – Creus

Para representar los distribuidores se utilizan símbolos que indican la función de la válvula. Las válvulas son representadas por cuadros. La cantidad de cuadros colocados verticalmente indica la cantidad de posiciones del distribuidor. El funcionamiento está representado en el interior del

cuadro. Las líneas esquematizan las canalizaciones internas. La flecha indica el sentido de circulación del fluido. Las posiciones de cierre se representan por líneas transversales.

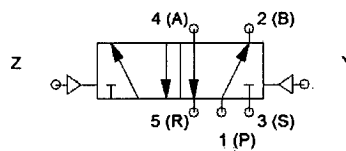


Figura 2.5.2.1-2. Electroválvula 5/2 (NC).

2.5.2.2 Válvulas solenoides.

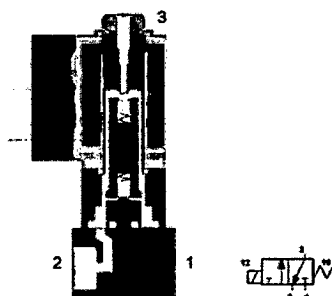
Dentro del sistema neumático la válvula solenoide es la unión entre el control electrónico/eléctrico y la parte neumática que realiza el trabajo.

El accionamiento eléctrico se realiza por medio de bobinas de solenoide que en el caso de máxima seguridad están siempre alimentadas, para que ante un fallo en la alimentación eléctrica, vayan a la posición de seguridad. De hecho las válvulas de solenoide son válvulas distribuidoras 5/2 (5 vías, 2 posiciones).

Las electroválvulas de un solo solenoide al ser desexcitadas tienen el retorno del émbolo por muelle y se llaman monoestables, mientras que las electroválvulas de doble solenoide permiten que la válvula vaya de una posición a la otra mediante una señal eléctrica de impulso a la bobina opuesta (sistema biestable de doble pilotaje). De este modo permanecen en la posición deseada sin que sea necesario que la bobina esté excitada de forma permanente (el émbolo se queda inmóvil una vez desaparecida la señal de mando – función de memoria).

La válvula solenoide más corriente es la solenoide piloto (figura 2.5.2.2-1). Es una válvula 3/2 con pilotaje eléctrico y retorno por muelle.

Figura 2.5.2.2-1. Válvula solenoide piloto.



Fuente: Control electroneumático y electrónico – John Hyde

La figura 2.5.2.2-2 muestra una válvula biestable la cual posee dos bobinas para colocar la válvula en cada una de las posiciones que tiene.

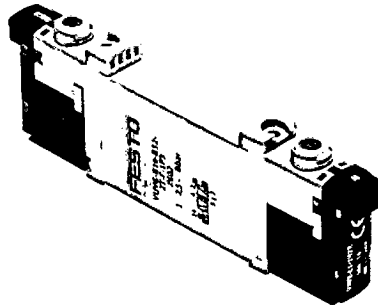
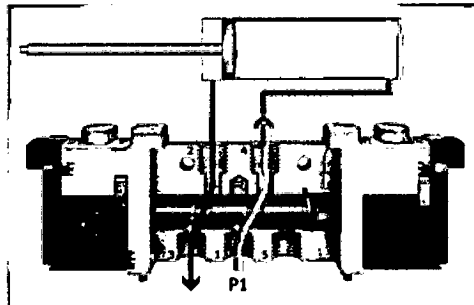


Figura 2.5.2.2-2. Electroválvula 5/2 FESTO.

Para el control de una electroválvula mediante un autómatas programable ocurre lo siguiente, al activar una salida del autómatas, se activa una bobina de la válvula, de forma que ésta se posiciona para que permita la circulación de aire al actuador neumático, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2.5.2.2-3. Funcionamiento electroválvula 5/2.



Fuente: http://www.festo.com/cms/es-co_co/17046_17081.htm

2.5.3 Detectores de señal.

Los detectores o captadores de señal son dispositivos encargados de captar información en un determinado momento, y transmitir ésta al equipo neumático para que se produzca el movimiento o fase siguiente. Ayudan al control de las fases de un proceso automático, detectando la posición del vástago de los cilindros.

Permiten detectar la presencia de un objeto, son accionados por los propios mecanismos y estarán montados en lugares estratégicos cuidadosamente situados.

Existen los siguientes tipos: captadores de señal neumáticos, captadores eléctricos y detectores de proximidad.

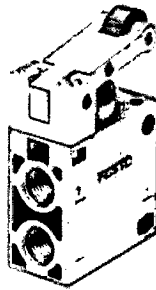
2.5.3.1 Captadores neumáticos de accionamiento mecánico.

Son de reducido tamaño y se encargan de gobernar las válvulas distribuidoras de mando de los cilindros. Como ya se mencionó deben ubicarse en lugares determinados pues son accionados mecánicamente. Esta ubicación debe considerarse para que en caso de fallo el cilindro no arrastre al detector y lo deteriore. Las formas de detección son las siguientes:

2.5.3.1.1 Válvula de rodillo.

Si el cilindro continúa su marcha, la ruleta desciende y se activa, y el vástago pasa sin que la ruleta sufra ningún daño como se ve a continuación.

Figura 2.5.3.1-1. Accionamiento por rodillo.

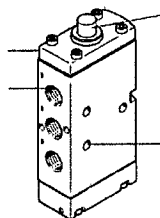


Fuente: <http://www.festo.com/cat/es/es/data/doc/es/PDF/ES/VME/M ES.PDF>

2.5.3.1.2 Válvula de accionamiento directo.

El vástago del cilindro debe llegar a su tope accionando la válvula y sin dañarla. La siguiente figura muestra esta acción.

Figura 2.5.3.1-2. Accionamiento directo.



Fuente: <http://www.festo.com/cat/es/es/data/doc/es/PDF/ES/VME/M ES.PDF>

Normalmente son válvulas de dos posiciones y tres vías, los tipos más frecuentes de accionamiento se muestran en la siguiente figura.

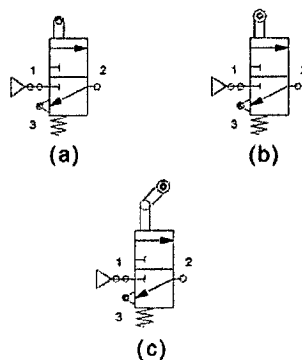


Figura 2.5.3.1-3. Tipos de accionamiento.

El accionamiento de la figura 2.5.3.1-3(a) es directo, el accionamiento por ruleta figura 2.5.3.1-3(b) se activa mediante una pequeña rampa ubicada en el vástago del cilindro y es activada en los dos sentidos de la marcha del vástago (extensión y retracción). En el accionamiento de la ruleta abatible figura 2.5.3.1-3(c) también es mediante la rampa, pero en un solo sentido; en el otro pasa libre y no se produce señal neumática.

2.5.3.2 Captadores eléctricos.

Los interruptores eléctricos o finales de carrera son elementos que, al igual que las válvulas neumáticas anteriores, se encargan de enviar una señal a la válvula distribuidora cuando de una forma mecánica han sido accionadas.

Para permitir o interrumpir el flujo de corriente en un circuito eléctrico se utilizan interruptores tipo pulsador. Los pulsadores mantienen la posición de conmutación únicamente mientras se mantienen pulsados. Se clasifican los interruptores tipo pulsador por su estado de conmutación normal, es decir, cuando no están accionados.

2.5.3.2.1 Contacto normalmente abierto.

El circuito de corriente está interrumpido mientras el interruptor se encuentra en su posición normal. Accionando el interruptor, se cierra el circuito eléctrico y se alimenta; soltándolo, el interruptor tipo pulsador recupera su posición normal por acción de un muelle, por lo que se interrumpe nuevamente el circuito eléctrico.

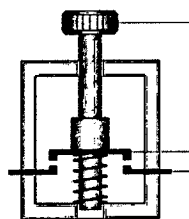


Figura 2.5.3.2-1. Contacto normalmente abierto.

2.5.3.2.1 Contacto normalmente cerrado.

En el caso de un contacto normalmente cerrado, el circuito de corriente está cerrado por efecto de la fuerza del muelle mientras el interruptor se encuentra en su posición normal. Al accionar el pulsador, se interrumpe el circuito de corriente.

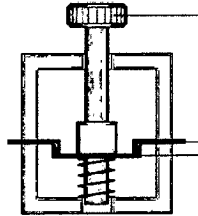


Figura 2.5.3.2-2. Contacto normalmente cerrado.

2.5.3.3 Detectores de proximidad.

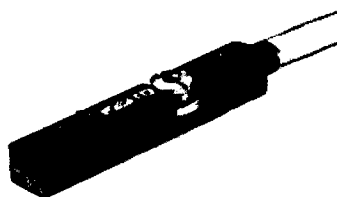
Los detectores de posición conmutan sin establecer contacto y, por lo tanto, sin que sea necesaria la presencia de una fuerza mecánica externa. Por ello tienen una larga duración y son muy fiables. Se puede distinguir entre los siguientes tipos:

2.5.3.3.1 Detectores magnéticos.

Los contactos Reed son detectores de posición de accionamiento magnético. Estos detectores tienen dos lengüetas de contacto que se encuentran en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Por efecto de un imán se cierra el contacto entre las dos lengüetas, de modo que puede fluir corriente eléctrica.

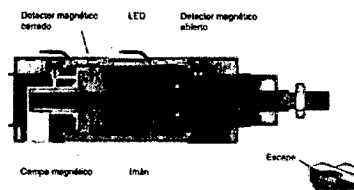
Los contactos Reed tienen una gran duración y su tiempo de respuesta es muy corto, pero no deben utilizarse en zonas expuestas a campos magnéticos fuertes. Se usan en cilindros magnéticos, los cuales consta de un aro de material magnético dispuesto alrededor de la circunferencia del émbolo.

Figura 3.5.3.3.1-1. Contacto Reed.



Fuente: http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/170769/esm_ess.pdf

Figura 3.5.3.3.1-2. Ubicación de sensores en cilindro.



Fuente: Control electropneumático y electrónico – John Hyde

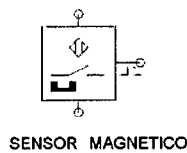


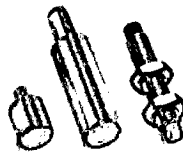
Figura 3.5.3.3.1-3. Símbolo en FluidSIM.

2.5.3.3.2 Detectores inductivos.

Un detector de posición inductivo está compuesto por un circuito oscilante, un flip-flop y un amplificador. Al aplicar una tensión en las conexiones, el circuito oscilante genera un campo magnético alterno en el frente del detector.

Si un conductor eléctrico que se acerca a este campo magnético alterno provoca una “amortiguación” del circuito oscilante y activa la salida. Los detectores de posición inductivos pueden utilizarse para detectar todos los materiales que son buenos conductores como metales.

Figura 3.5.3.3.2-1. Detector inductivo.



Fuente:

<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&FamilyID=424&Category=Produktfinder&Selections=553822>

5.3.3.3 Detectores capacitivos.

2.5.3.3.3 Detectores ópticos.

Es un dispositivo eléctrico que responde a los cambios de intensidad de la luz (visible o no visible) que incide sobre el mismo. A estos detectores se los individualiza con distintos nombres según sea la naturaleza del tipo de sensado. Los detectores ópticos tienen un emisor y un receptor. Puede diferenciarse entre tres tipos de detectores ópticos:

- Barrera de luz unidireccional.
- Barrera de luz de reflexión.
- Detector por reflexión.

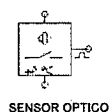
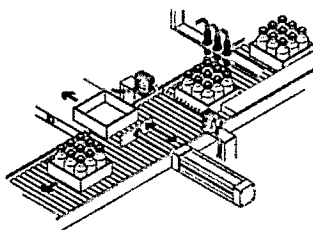


Figura 2.5.3.3.3-1. Símbolo en FluidSIM.

a) Barrera de luz unidireccional.

La barrera de luz unidireccional tiene un emisor y un receptor separados en el espacio. Estos componentes están montados de tal manera que el haz de luz emitido por el emisor se proyecta directamente sobre el receptor. Si un objeto, una pieza o, también, una persona, se interpone entre el emisor y el receptor, se interrumpe el haz de luz y se genera una señal que provoca una operación de conmutación (ON/OFF) en la salida.

Figura 2.5.3.3.3-2. Barrera de luz unidireccional funcionamiento.



Fuente:

http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_Broschuere_es_bV08_M.pdf

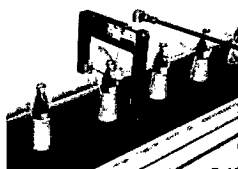


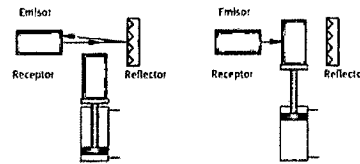
Figura 2.5.3.3.3-3. Barrera de luz unidireccional de horquilla.

b) Barrera de luz de reflexión.

En las barreras de luz de reflexión, el emisor y el receptor se encuentran uno junto al otro, montados en el mismo cuerpo. El reflector se encarga de reenviar el haz de luz

proveniente del emisor hacia el receptor. El montaje se realiza de tal manera que el haz de luz emitido por el emisor se refleja casi totalmente hacia el receptor. Si un objeto, una pieza o, también, una persona, se interpone entre el emisor y el reflector, se interrumpe el haz de luz y se genera una señal que provoca una operación de conmutación (ON/OFF) en la salida.

Figura 2.5.3.3.3-4. Barrera de luz de reflexión funcionamiento.

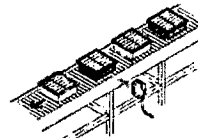


Fuente: fundamentos de la técnica de automatización FESTO.

c) Detector por reflexión.

El emisor y el receptor del detector por reflexión están montados uno junto al otro en un mismo cuerpo. A diferencia de la barrera de luz de reflexión, el detector de reflexión no tiene un reflector propio. Más bien se aprovecha la capacidad de reflexión del objeto o de la pieza que se entra en la zona cubierta por el detector. Si el haz de luz se topa con una pieza de superficie reflectante, la luz es dirigida hacia el receptor y así conmuta la salida del detector. Considerando esta forma de funcionamiento, el detector por reflexión únicamente puede utilizarse para detectar piezas que tienen una gran capacidad de reflexión (por ejemplo, superficies metálicas).

Figura 2.5.3.3.3-6. Aplicación de detector por reflexión.



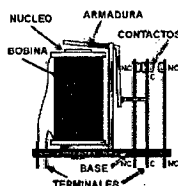
Fuente:

http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_Broschuere_es_bV08_M.pdf

2.5.4 Relevador.

Un relé es un interruptor accionado electromagnéticamente, en el que el circuito controlado y el circuito controlador están separados entre sí galvánicamente. Esencialmente está compuesto por una bobina con núcleo de hierro, un inducido como elemento de accionamiento mecánico, un muelle de recuperación y los contactos de conmutación. Al conectar una tensión en la bobina del electroimán se produce un campo electromagnético. De esta manera, el inducido móvil es atraído por el núcleo de la bobina. El inducido actúa sobre los contactos del relé. Dependiendo del tipo de relé, los contactos se abren o cierran. Si se interrumpe el flujo de corriente a través de la bobina, el inducido recupera su posición inicial mediante la fuerza de un muelle.

Figura 2.5.4-1. Partes del relevador.



Fuente: <http://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

Con un relé se pueden activar uno o varios contactos. Además del tipo de relé antes descrito, existen otros tipos de interruptores o conmutadores accionados eléctricamente, como, por ejemplo, el relé de remanencia, el relé de temporización y el contactor. En la práctica se utilizan símbolos para los relés, para facilitar mediante una representación sencilla la lectura de esquemas de circuitos.

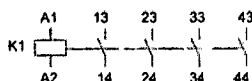


Figura 2.5.4-2. Numeración del relé.

El relé se denomina K1, siendo sus conexiones A1 y A2. El relé esquematizado tiene 4 contactos de cierre, la figura 2.5.4-2 lo muestra claramente.

Con relación a la numeración de los contactos que arrastra el relé la primera cifra es una numeración continua de los contactos. La segunda cifra, en el presente ejemplo, siempre 3 4, indica que se trata de un contacto de cierre (figura 2.5.4-2).

En la figura 2.5.4-3 se trata de un relé también con 4 contactos, pero esta vez de apertura. También aquí se efectúa la numeración continua de la primera cifra, la segunda 1 y 2 indica que se trata de contactos de apertura.

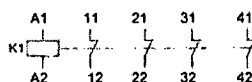


Figura 2.5.4-3. Numeración del relé contactos de apertura.

Cuando hacen falta contactos distintos, se emplean relés con contactos de apertura, de cierre o de conmutación en un mismo elemento. La designación numérica es una gran ayuda en la práctica ya que facilita considerablemente la conexión de relés (figura 2.5.4-4).

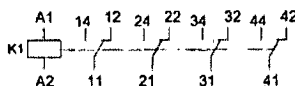


Figura 2.5.4-4.

2.5.5 Controlador Lógico programable (PLC).

Los Controladores Lógicos Programables son instrumentos semejantes a pequeños micro controladores o microcomputadoras diseñadas para controlar equipo industrial. Usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para realizar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales o analógicos, varios tipos de máquinas o actuadores de procesos.

El PLC es una gran herramienta para el control de sistemas electroneumáticos, debido a la simplificación que representa si consideramos un proceso muy extenso y complicado donde requiere el uso de muchos relevadores.

2.5.5.1 Estructura de un PLC.

Existen diversos modelos de PLC en el mercado producidos por diferentes compañías todos ellos cuentan al menos con tres partes en común como es La unidad central de procesamiento (CPU) y su memoria asociada, los módulos de entradas y salidas, la unidad de programación y la fuente de alimentación como se muestra en la siguiente figura.

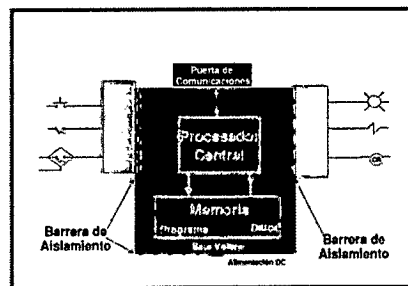


Figura 2.5.5.1. Estructura del PLC.

El CPU es el cerebro del PLC, recibe la señal en el módulo de entradas y basado en estas y en el programa grabado en la memoria, decide sobre señales de salida apropiadas, que luego transmitirá a los módulos de salida respectivos. Las entradas se encargan de adaptar señales provenientes de la planta a niveles que la CPU pueda interpretar como información. En efecto, las señales de planta pueden implicar niveles y tipos de señal eléctrica diferentes a los que maneja la CPU. En forma similar, las salidas comandan dispositivos de planta en función de la información enviada por la CPU. Es decir, Los módulos de entrada y salida proveen la interfaz necesaria, entre PLC y la máquina o sistema a ser controlado. A las entradas se conectan elementos como:

- Pulsadores.
- Interruptores de final de carrera.
- Sensores.

- Entre otros elementos.

Las salidas comandan distintos equipos como:

- Lámparas.
- Contactores de mando de motores.
- Válvulas solenoide.
- Entre otros elementos.

En la memoria de programa de usuario introduciremos el programa (las instrucciones) que el PLC va a ejecutar cíclicamente. Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.). La fuente de alimentación es la encargada de convertir la tensión de la red (220v c.a.), a baja tensión de c.c, normalmente 24v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómatas.

2.5.5.2 Ventajas.

Una ventaja que ofrece el PLC por sobre otros métodos de control es la distancia, puede estar ubicado a una larga distancia de los actuadores y no existirían alteraciones en la velocidad de respuesta. Permite al operador cambiar la configuración cuantas veces sea necesaria, sin necesidad de tener detenido el proceso por mucho tiempo, además de que la mayoría de los software de programación de PLC cuentan con simuladores, de esta forma se puede hacer algunas pruebas para asegurarnos del funcionamiento y corrección de errores. Otra ventaja es la de reducir espacio ya que los relevadores de control ya no son físicos, están dentro del PLC y de esta forma optimizar el funcionamiento del sistema.

2.5.5.3 Desventajas.

No es recomendable emplearlo en ambientes explosivos. Se debe de saber programarlo o tener un profesional que lo haga, eso sería un costo adicional. La mayor desventaja es su precio relativamente elevado y la necesidad de software de programación que implica la compra de licencias.

2.5.5.4 Lenguaje de contactos (Ladder).

El lenguaje de contactos emula la estructura de los esquemas eléctricos. Representa una red de contactos y bobinas que el autómatas ejecuta secuencialmente. En la red hay dos barras de potencial con circulación de la corriente de izquierda a derecha y con dos zonas, la zona de prueba que describe las condiciones necesarias para la acción y la de acción que aplica el resultado consecutivo a un encadenamiento de prueba. De este modo, los contactos activan y desactivan la bobina objetivo.

Una red está compuesta de una serie de contactos conectados en serie, en paralelo o combinación de ambos, que dan origen a una salida (activación de una bobina o de una función especial).

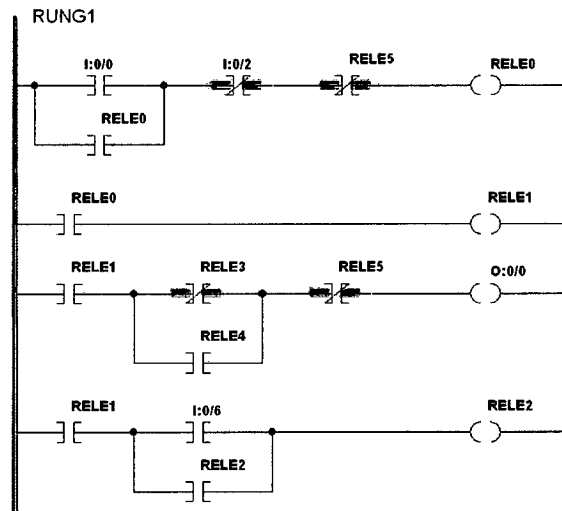


Figura 2.5.5.4-1. Lenguaje ladder en Automation Studio.

En este lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes. Los símbolos básicos son:

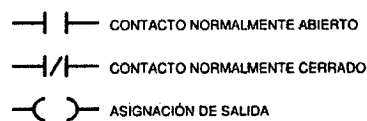


Figura 2.5.5.4-2. Símbolos básicos del lenguaje ladder.

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de procesos, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC.

Se debe recordar que mientras que en el diagrama eléctrico todas las acciones ocurren simultáneamente, en el programa se realizan en forma secuencial, siguiendo el orden en el que los "escalones" fueron escritos, y que a diferencia de los relés y contactos reales (cuyo número está determinado por la implementación física de estos elementos), en el PLC se puede considerar que existen infinitos contactos auxiliares para cada entrada, salida, relé auxiliar o interno, etc.

Una bobina no puede estar conectada directamente a la barra de inicio. A la derecha de una bobina no es posible programar ningún contacto. El número de contactos posibles en serie o en

paralelo es prácticamente ilimitado. Cada contacto representa un bit determinado, y se puede realizar operaciones como AND, OR y NOT como se muestra a continuación.

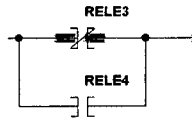


Figura 2.5.5.4-3. Función OR.

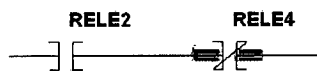


Figura 2.5.5.4-4. Función AND.

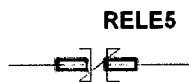


Figura 2.5.5.4-5. Función NOT.

2.5.6 Componentes auxiliares de circuitos electroneumáticos.

2.5.6.1 Válvula reguladora de caudal.

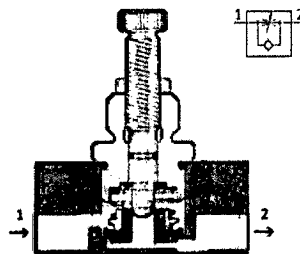
Tienen la misión de estrangular el caudal de aire en las conducciones. Los reguladores de caudal se dividen en dos grupos:

- Reguladores unidireccionales.
- Reguladores bidireccionales.

Los reguladores de caudal unidireccionales disponen de dos caminos en paralelo para el paso del aire. En uno de ellos hay un antirretorno simple y en el otro está la regulación propiamente dicha.

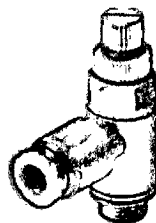
La acción de regulación sólo se manifiesta en el sentido en el cual el antirretorno impide el paso, puesto que en el otro sentido el caudal de aire pasa libre.

Figura 2.5.6.1-1. Válvula unidireccional dibujo en sección y símbolo.



Fuente: fundamentos de la técnica de automatización FESTO.

Figura 2.5.6.1-2. Válvula unidireccional imagen real.



Fuente: <https://www.festo.com/cat/es-es/products/021000>

En los reguladores bidireccionales no existe la válvula antirretorno y, en consecuencia, el efecto estrangulador se manifiesta en ambos sentidos de paso.

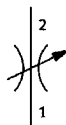


Figura 2.5.6.1-3. Válvula bidireccional símbolo.

Cuando se intenta controlar la velocidad de movimiento de un cilindro neumático, los reguladores de caudal se instalan con el sentido libre de paso hacia el cilindro. Con esta instalación el aire llega pleno hacia el cilindro y los reguladores actúan sobre el aire que escapa de él.

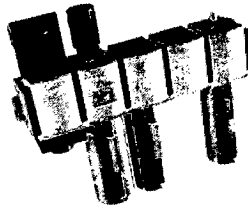
2.5.6.2 Unidad de mantenimiento (FRL).

La unidad de mantenimiento está formada por el filtro, el regulador y el lubricador. La unidad de mantenimiento deberá montarse siempre en ese orden siguiendo la circulación del aire.

Se usa para salvaguardar la integridad de los elementos neumáticos y electropneumáticos. Constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas

neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Se instala en la línea de alimentación del circuito, lubricado y regulado a la presión requerida.

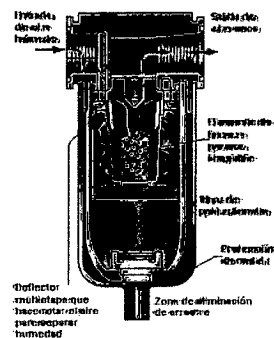
Figura 2.5.6.2-1. Unidad de mantenimiento FESTO.



Fuente: https://www.festo.com/rep/en-us_us/assets/pdf/Ten_Tips_for_Better_FRL_Efficiency.pdf

Los filtros son elementos necesarios en toda instalación neumática correctamente concebida, aun cuando se haya hecho tratamiento del aire a la salida del compresor o depósito. Este no impedirá la llegada a los puntos de consumo de partículas de óxido ni de pequeñas cantidades de condensado provenientes de la red de distribución.

Figura 2.5.6.2-2. Filtro y separador de agua.



Fuente: <http://www.tecnoficio.com/mecanica/neumatica/accesorios.php>

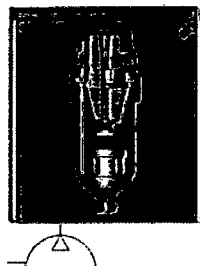
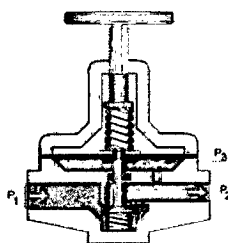


Figura 2.5.6.2-3. Símbolo y animación en Automation Studio.

El regulador reduce la presión en la red a una presión de trabajo adecuada a la máquina, equipo o herramienta utilizada. Además minimiza las oscilaciones de presión que surgen en la red. En un regulador estándar, la presión de salida se obtiene regulando el tornillo del resorte para mantener abierta la válvula principal, permitiendo que fluya desde la vía de entrada el aire a presión P_1 , a la salida a presión P_2 , equilibrando la presión de salida mediante un émbolo o diafragma contra la fuerza regulable del resorte.

Figura 2.5.6.2-4. Sección de regulador de presión.



Fuente: <http://industrial-automatiza.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html>

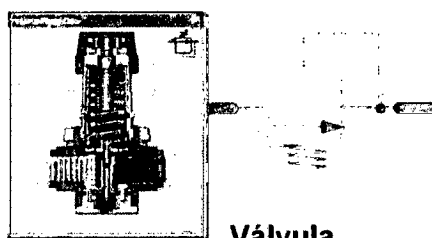
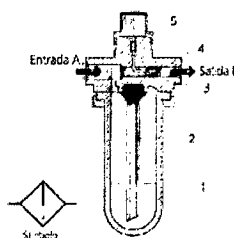


Figura 2.5.6.2-5. Símbolo y animación en Automation Studio.

El lubricador, incorpora al aire comprimido una fina niebla de aceite para lubricar las partes móviles de los componentes neumáticos. El aceite asciende a la parte superior del lubricador por efecto Venturi y cae en la corriente de aire, que lo nebuliza y lo transporta a la instalación. Las unidades de mantenimiento tienen una salida de aire auxiliar antes del lubricador para las partes de la instalación que precisen aire sin lubricar.

Figura 2.5.6.2-6. Sección de lubricador.



Fuente: <https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=3006>

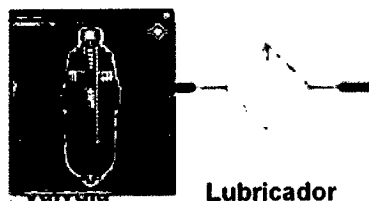


Figura 2.5.6.2-7. Símbolo y animación en Automation Studio.

2.5.6.3 Silenciadores.

Los silenciadores de escape neumático pueden reducir efectivamente el ruido del equipo neumático. Los silenciadores están diseñados para brindar un equilibrio óptimo entre la reducción del ruido y la presión inversa aceptable en el sistema neumático. Los silenciadores de plástico poroso ofrecen numerosas ventajas sobre los silenciadores acústicos de metal, incluyendo un peso significativamente menor, resistencia mejorada a la corrosión, capacidad para filtrar partículas y aerosoles, durabilidad, velocidad de montaje y rentabilidad.

Figura 2.5.6.3. Silenciador real.



Fuente: http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/products_080100

2.5.6.4 Manómetro.

La medida básica en los circuitos neumáticos es la presión. El aparato que mide la presión se denomina manómetro. Los manómetros, son dispositivos cilíndricos, con una escala graduada (normalmente en bares o en psi), y una aguja que gira en función de la diferencia de presión entre una estándar y la del circuito donde queremos medir.

Figura 2.5.6.4-1. Símbolo.

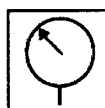
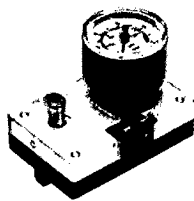


Figura 2.5.6.4-2. Manómetro real FESTO.



Fuente: <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/neumatica/componentes/manometro.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU2NC4zNDky>

2.6 Circuitos Electroneumáticos.

El mando a largas distancias de las válvulas por medio de señales neumáticas puede presentar algunos retardos en los accionamientos. Las señales eléctricas no tienen este inconveniente, ya que las distancias no les afectan en este sentido.

Los métodos de diseño que se les pueden aplicar en su construcción son intuitivo, cascada, paso a paso, secuencial y mediante el lenguaje LADDER del PLC.

2.6.1 Métodos de diseño.

Son varios los métodos empleados para la representación gráfica comprensible de los procesos automáticos.

- Si un cilindro "A" se mueve en el sentido de salir el vástago, decimos que va hacia (A+).
- Si un cilindro "A" se mueve en el sentido de entrar el vástago, decimos que va hacia (A-).

2.6.1.1 Diagrama de funcionamiento.

Se emplea para representar la secuencia de movimientos que tendrá el cilindro del circuito neumático o electroneumático, así como también la de los elementos de mando que intervienen en la secuencia como los sensores.

En general es necesario el diagrama de funcionamiento en aquellos circuitos en donde intervienen dos o más elementos de trabajo (cilindros), y está formado por los siguientes diagramas:

- Diagrama estado-fase
- Diagrama de señales

2.6.1.1.1 Diagrama espacio-fase.

Es la representación gráfica del ciclo mediante un sistema de ejes cartesianos, el funcionamiento de cada elemento está representado por una banda horizontal, es decir, tendrá tantas bandas horizontales como actuadores intervengan en la secuencia. El borde inferior corresponde a la posición retraída del vástago del cilindro (-) y el borde superior corresponde a la posición de salida

del vástago del cilindro (+). En ordenadas se representan las posiciones del cilindro y en abscisas las diferentes fases de la secuencia.

Nos permite graficar los movimientos de los actuadores en las diferentes fases de la secuencia y generar la distribución de los finales de carrera en el sistema.

En la figura 2.6.1.1.1-1 se tiene una secuencia de dos cilindros.

A+/ B+/ B-/ A-

Figura 2.6.1.1.1-1. Ecuación de movimientos.

En la siguiente figura se realiza el diagrama estado-fase de la secuencia anterior.

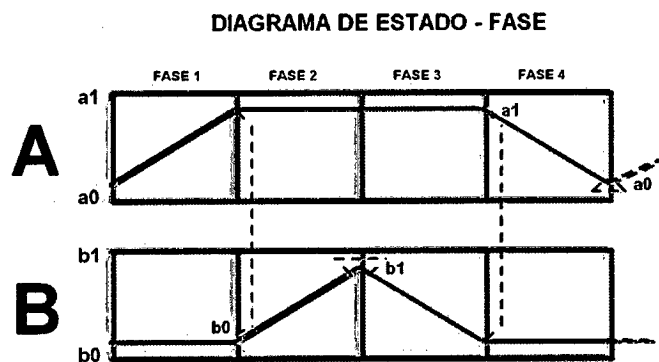


Figura 2.6.1.1.1-2. Diagrama estado-fase.

Como se muestra en la figura 2.6.1.1.1-2 el diagrama permite una visión rápida de la secuencia y la activación de los finales de carrera en cada fase. Ya que se tiene la distribución de los finales de carrera, es necesario el diseño neumático, como se muestra a continuación.

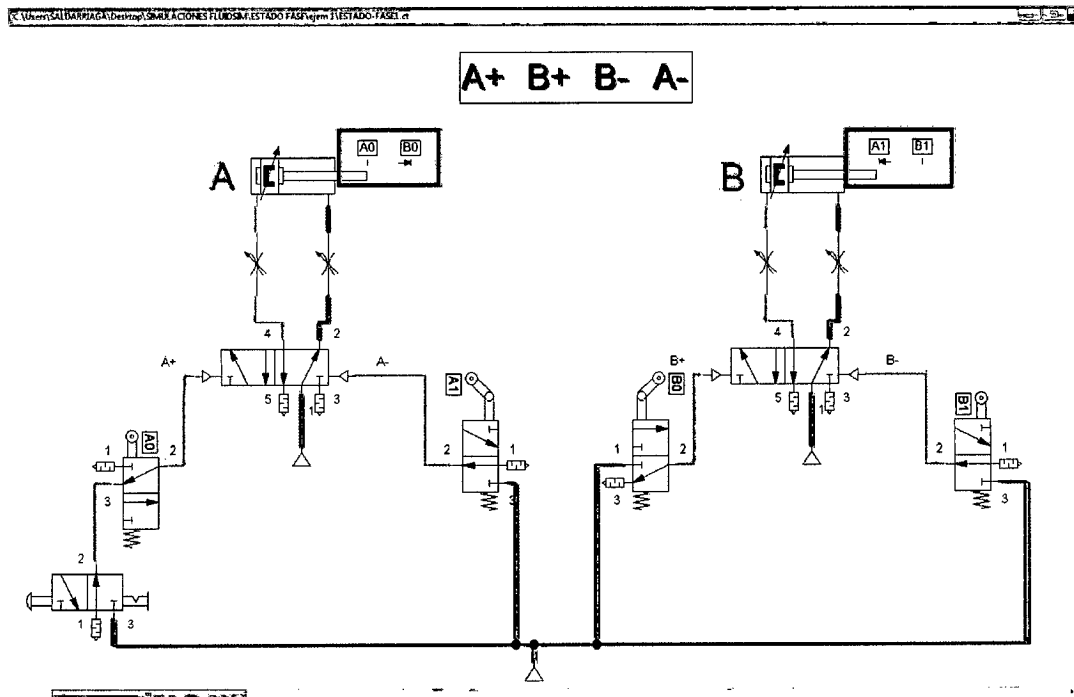


Figura 2.6.1.1.1-3. Diseño neumático realizado en FluidSIM.

2.6.1.1.2 Diagrama de señales.

Representa el tiempo que se encuentran activos los finales de carrera. Se puede considerar un perfeccionamiento del diagrama espacio-fase pues ahora se tiene en cuenta el concepto de tiempo. Su diagrama es similar al de estado-fase con la salvedad de que en este caso en el eje de abscisas se representa la variable tiempo, lo que permite determinar el tiempo que interviene un actuador sobre los sensores o finales de carrera. Para la detección de cruce de señales lo más aconsejable es el empleo de diagramas de señales, donde se muestra la activación de los finales de carrera y por tanto el estado de ausencia o presencia de señal en presión en los pilotajes de las válvulas. Entre los métodos utilizados para anular el cruce de señales está el uso de válvulas de rodillo abatible que es el método más económico y fiable, permite el accionamiento neumático en un sentido de la marcha, pero en el otro, el rodillo pasa libre y la función neumática es ignorada. En la siguiente figura se realiza el diagrama de señales de la figura 2.6.1.1.1-1.

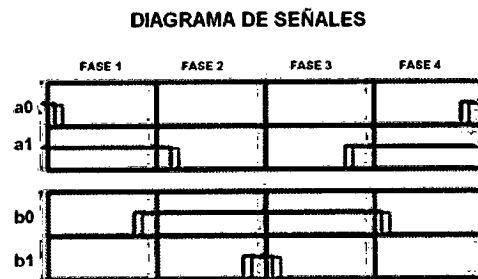


Figura 2.6.1.1.2-1. Diagrama de señales de la secuencia A+, B+, B-, A-.

Cuando se diseña un circuito neumático lo primero que se hace es dibujar los actuadores y después las válvulas distribuidoras correspondientes a cada uno de ellos. Una vez representados estos elementos, se deben tener en cuenta también los captadores de señal que serán accionados por los propios cilindros.

Al principio no se considera cruce de señales se supone que cada vástago en su final de carrera accionará la siguiente válvula para producir la etapa siguiente de la secuencia, luego se ubicaran por medio del método de diagrama de señales.

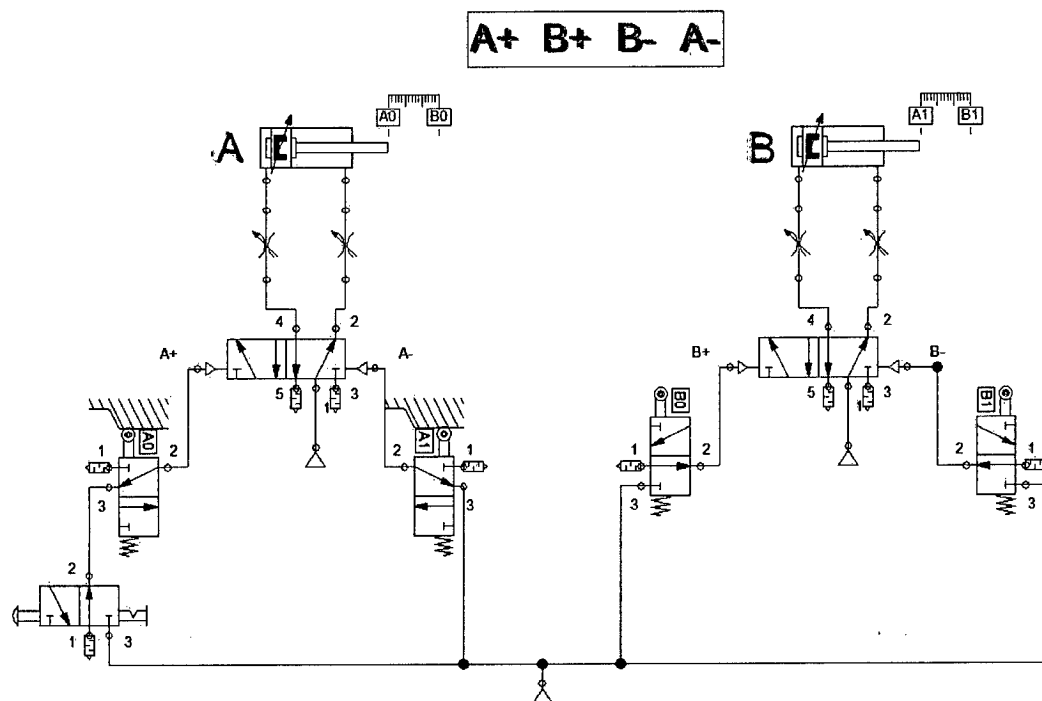


Figura 2.6.1.1.2-2. Circuito neumático de la secuencia A+, B+, A-, B-.

Las válvulas de doble pilotaje neumático, sólo puede ser controlado por la señal de presión en uno de ellos, si el otro está descomprimido.

Tal y como se aprecia en la figura 2.6.1.1.2-2 y 2.6.1.1.2-3, la secuencia inicia con el avance del vástago del cilindro A, pero estando activos inicialmente los captadores "A1" y "A0" ambos envían señal de presión a los pilotajes de la válvula de este cilindro. Por lo tanto en preciso eliminar el cruce de señales en estos finales de carrera.

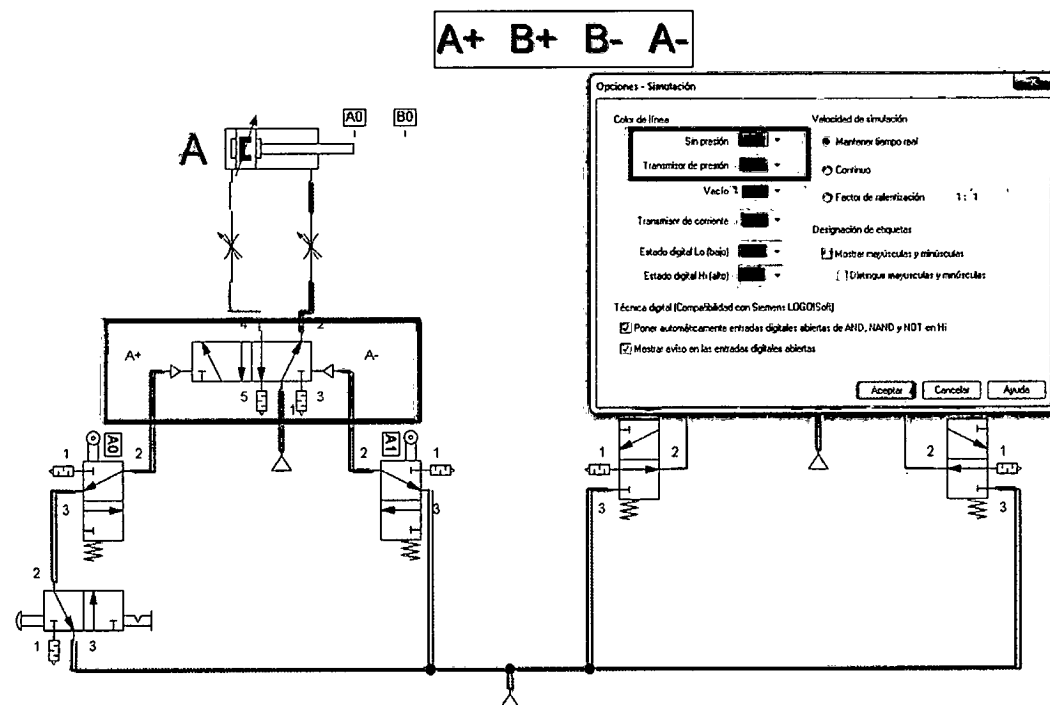


Figura 2.6.1.1.2-3. Válvula con cruce de señales.

El diagrama de la figura 2.6.1.1.2-4 nos ayuda al proceso de detección de cruce de señales de larga duración en la válvula del cilindro A, que provoca que este actuador no se mueva.

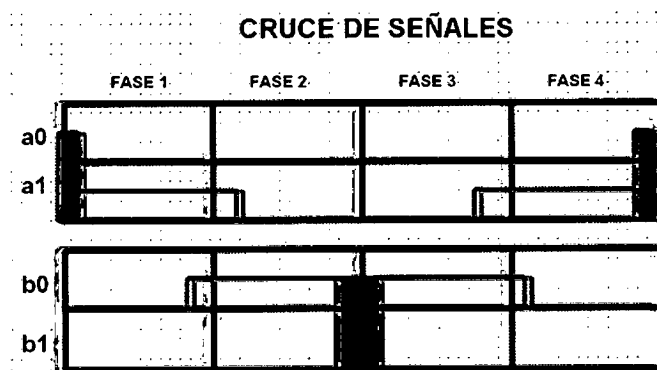


Figura 2.6.1.1.2-4. Cruce de señales en los captadores.

En la figura 2.6.1.1.2-5 puede observarse el circuito con las señales suprimidas por incorporar válvulas de rodillo abatible. Se debe tener en cuenta que deben ser accionadas un poco antes de finalizar la carrera y mediante un impulso instantáneo, de forma tal, que con el vástago en reposo no envíen señal de presión alguna, dejando a escape el pilotaje correspondiente.

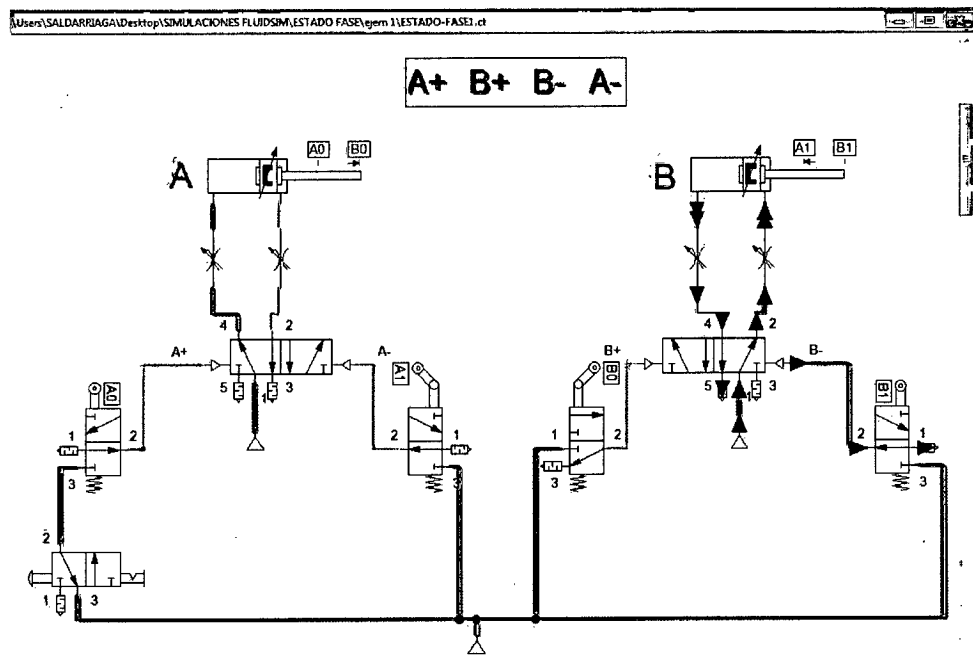


Figura 2.6.1.1.2-5. Cambio de finales de carrera por rodillo abatible.

2.6.1.2 Método intuitivo.

En el uso de válvulas distribuidoras biestables para la salida y retracción de los cilindros se debe tener en cuenta las señales de pilotaje que reciben para evitar el error de la presencia de señal neumática en los dos lados de la válvula. El método intuitivo hace uso del diagrama de señales para comprobar que no hay conflicto de señales en las válvulas, es decir, este diagrama ayuda al diseñador a trabajar de forma intuitiva para la realización del circuito asegurando de esta forma que no exista cruce de señales de mando en las válvulas con lo que los cilindros quedarían inmovilizados y la secuencia interrumpida.

Para evitar que la secuencia se interrumpa, se aplica la regla "la señal procedente del final de cada movimiento se aplica al siguiente movimiento".

Al extenderse un cilindro, la válvula final de carrera que activa éste entrega la señal neumática a la válvula distribuidora del siguiente cilindro y así sucesivamente.

Para que un circuito funcione correctamente las válvulas finales de carrera deben desexcitarse en el mismo orden que se excitan.

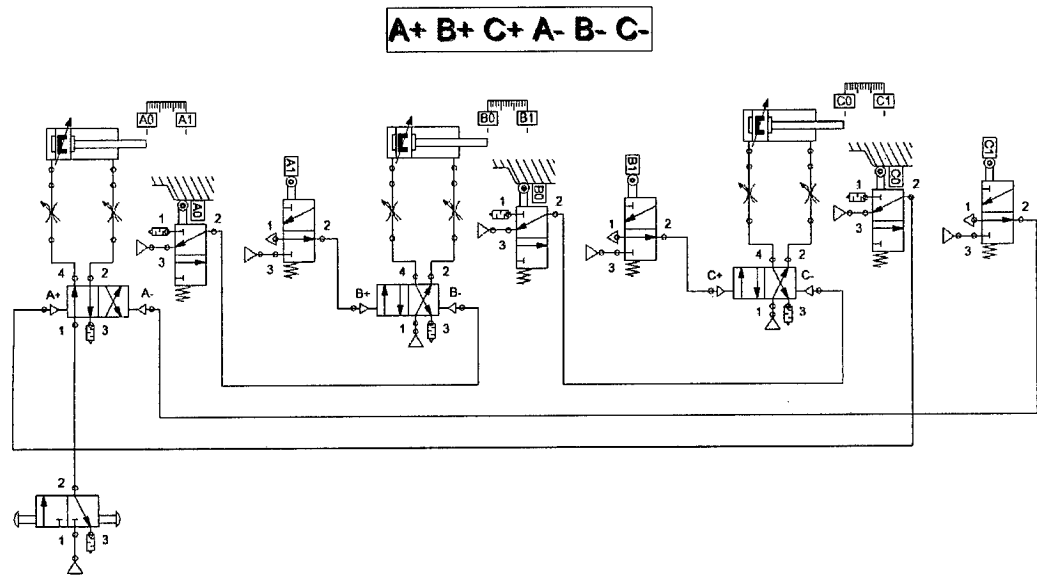


Figura 2.6.1.2-1. Esquema neumático de la secuencia.

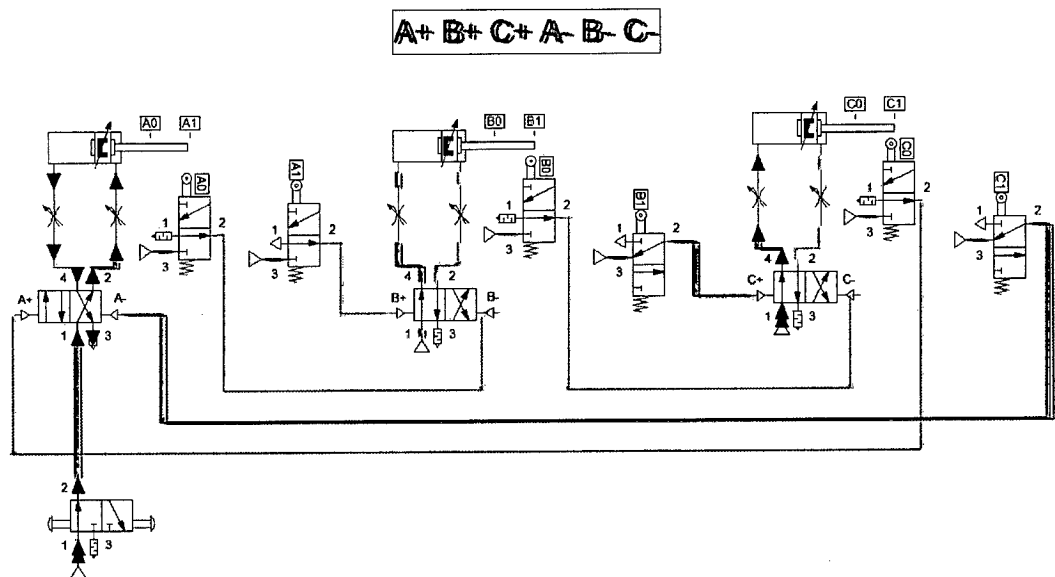


Figura 2.6.1.2-2. Simulación en FluidSIM.

Al realizar un esquema neumático de forma intuitiva pueden aparecer los ya mencionados inconvenientes de la coincidencia de señales sobre los pilotajes opuestos de una misma válvula que impedirían el desarrollo correcto del diagrama de funcionamiento. Sobre este problema ya se mencionó el uso de diagrama de señales, existiendo otro método para posibilidad de anular este cruce de señales conocido como **sistema cascada** que será tratado a continuación.

2.6.1.3 Método cascada.

Es utilizado para diseñar circuitos neumáticos de una forma más metódica y eliminar con ello las condiciones de bloqueo que se presentan en el diagrama de funcionamiento cuando existen señales opuestas en la misma válvula distribuidora.

Se basa en crear un dispositivo de mando que tenga tantas salidas como fases a desarrollar en la secuencia, entendiendo como fase un grupo de letras de la secuencia en las que no se repita ninguna.

Se usan dos conjuntos de válvulas direccionales, uno trabajando sobre los actuadores, formado por tantas válvulas como cilindros y el otro formado por un grupo de válvulas cascada que suministra aire a presión a las líneas de los grupos. Las válvulas cascada se conectan en serie y eliminan la presión en una línea y entregan presión a la otra al pasar de un grupo de secuencia a otro y como no hay ninguna letra repetida entonces no habrá conflicto de señales en las válvulas.

A continuación se describen los pasos necesarios para resolver una secuencia lógica de operaciones.

- 1) Realizar la partición de los grupos evitando que en un mismo grupo se repita una letra.
- 2) El número de grupos -1 va a ser igual al número de válvulas 5vias / 2 posiciones (5/2) que se requieren en el circuito.
- 3) Se hace uso del diagrama de conexión que nos ayuda al diseño del esquema.
- 4) Se inicia la secuencia de movimientos con la válvula marcha-paro o de arranque, conectada en serie con la válvula de control de líneas.
- 5) El suministro de aire para las señales de pilotaje de cada grupo, se conecta a una línea de presión común y por lo tanto, hay tantas líneas de trabajo como grupos existan.

Explicaremos este método con la siguiente secuencia A+, B+, A-, B-.

- 1) Primero se deben definir cuantas líneas se necesitaran para habilitar la secuencia, independiente de las fases que tenga. Si en la secuencia se repite una letra se genera una línea de trabajo como se muestra en la siguiente figura.

$$\frac{A^{+}, B^{+} / A^{-}, B^{-}}{L1 \quad L2}$$

Figura 2.6.1.3-1. Definición de la cantidad de líneas de trabajo.

La línea de trabajo "L1" se encarga de habilitar sólo el avance de A y B.

La línea de trabajo "L2" se encarga de habilitar sólo la retracción de A y B.

- 2) Como el número de grupos es 2 entonces el número de válvulas a usar será 1. Se usa sólo una válvula la cual genera dos líneas de trabajo que permite habilitar a L1 y L2.

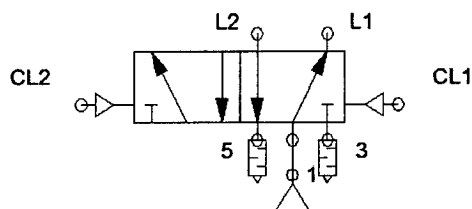


Figura 2.6.1.3-2. Válvula que gobierna las líneas de trabajo.

como se puede apreciar en la figura 2.6.1.3-2 cuando está activo CL1 (cambio a la línea 1) la línea L2 se encuentra en escape, por esto en este tipo de método no se presenta cruce de señales.

- 3) Conexión de las válvulas cascada a los finales de carrera, cada movimiento del actuador está asociado a un final de carrera.

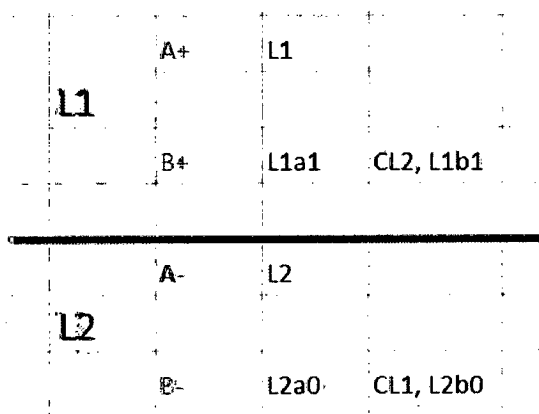


Figura 2.6.1.3-3. Diagrama de conexión.

Este diagrama permite el diseño del circuito, pues en él se encuentran todas las conexiones que se necesitan.

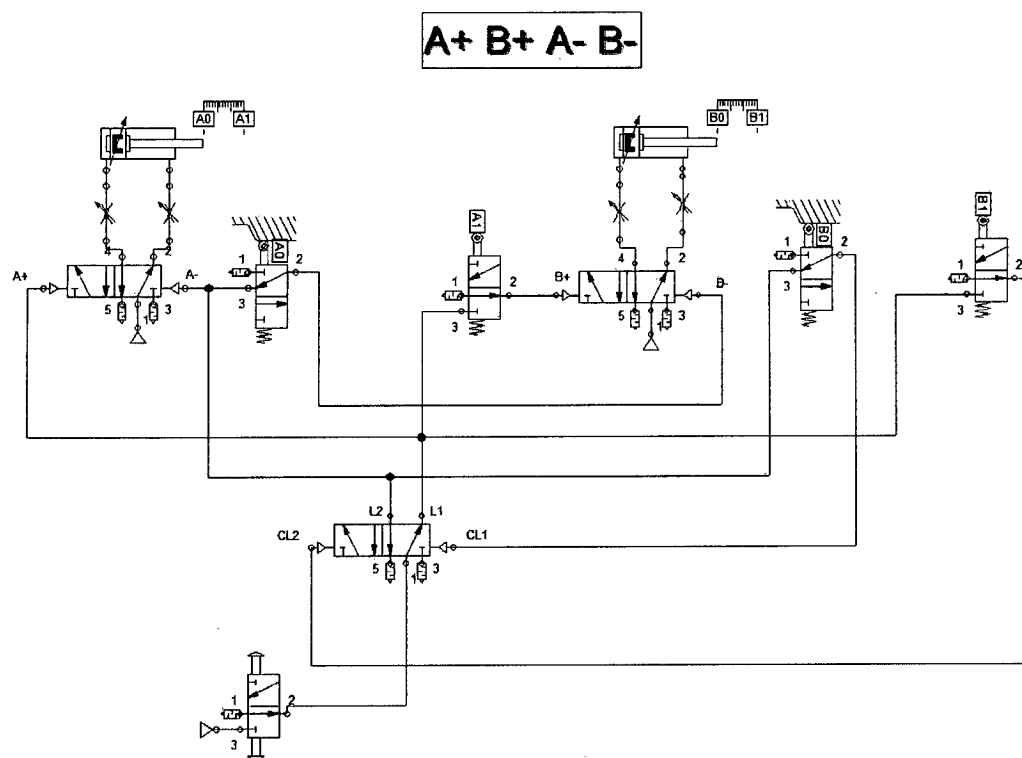


Figura 2.6.1.3-4. Esquema del circuito.

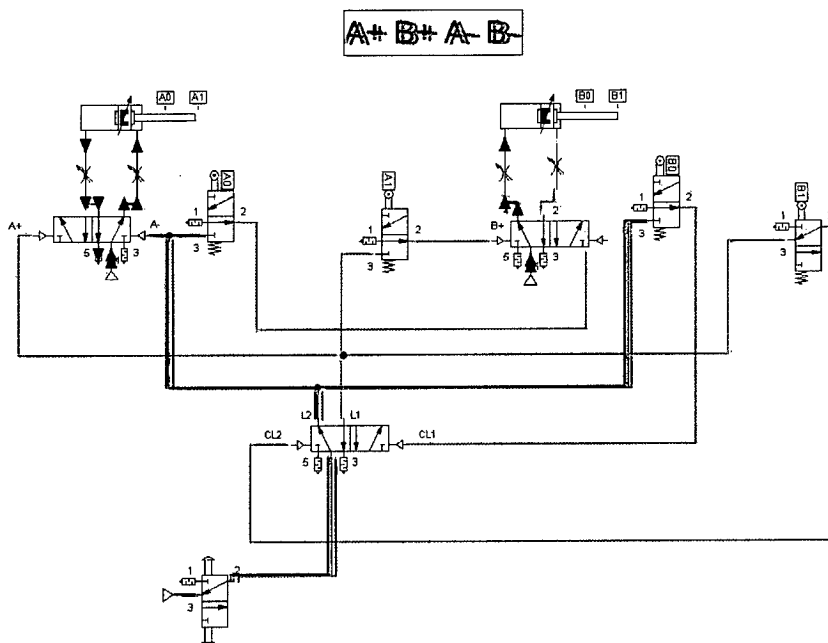


Figura 2.6.1.3-5. Simulación de la secuencia en FluidSIM.

En la siguiente figura se muestra la conexión en cascada de las válvulas para una secuencia con 3 líneas de trabajo.

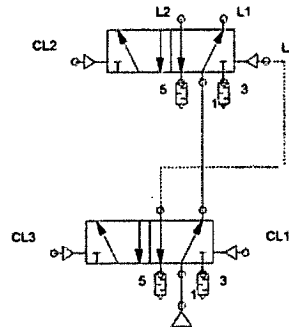


Figura 2.6.1.3-6. Válvula que gobierna tres líneas de trabajo.

A partir de este punto se empezará a realizar el diseño y control de los sistemas electroneumáticos haciendo uso de relés, es necesario entender los conceptos relacionados a esta parte para aplicarlos al método cascada y los siguientes métodos.

2.6.1.3.1 Diagrama de contactos.

El uso de relés para controlar sistemas automáticos es una tecnología antigua utilizada anteriormente para el control eléctrico antes que estuvieran disponibles los PLC. Esta tecnología se ha visto limitada en su aplicación a sistemas neumáticos debido a la evolución de la neumática robusta, apta para condiciones peligrosas, y a que, generalmente, la instalación es más fácil.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de contactos, que simboliza el funcionamiento del control mediante relés y electroválvulas de un sistema de control.

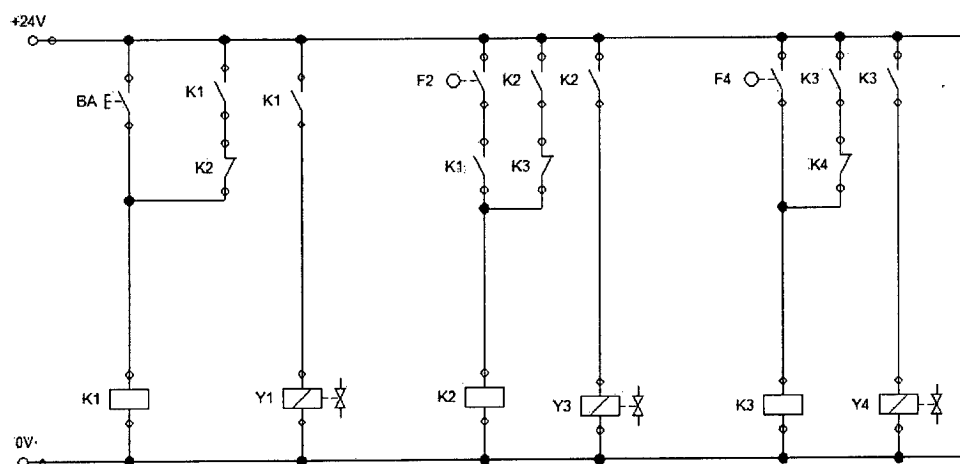


Figura 2.6.1.3.1-1. Diagrama de contactos.

Este tipo de diagramas está estandarizado de manera que la línea superior es la de voltaje positivo, mientras que la línea inferior es la de 0 voltios. Las diferentes líneas de unión entre la línea positiva y negativa representan funciones lógicas compuestas de contactos de conmutación y contactos de relé que controlan las bobinas de relés y los solenoides de las válvulas del sistema.

Funciones de memoria de la señal.

Uno de los requisitos lógicos comunes dentro de un circuito de relés es el de una función de memoria, necesaria cuando existe una señal breve. Al activarse dicha señal tiene que mantenerse para que las acciones subsiguientes se lleven a cabo cuando la señal se desactiva. En el caso de un circuito de relés, esto se puede conseguir programando un relé para “enclavarse” mediante un par de contactos propios.

Una electroválvula biestable mantiene su posición de conmutación aunque la bobina correspondiente ya no está excitada. Por ello, puede asumir la función de memoria.

La memorización de la señal en la parte de potencia del sistema de control puede estar a cargo de una electroválvula biestable o, también, de un relé con función de autorretención.

Enclave eléctrico: es una conexión de relevadores como memorias del paso anterior.

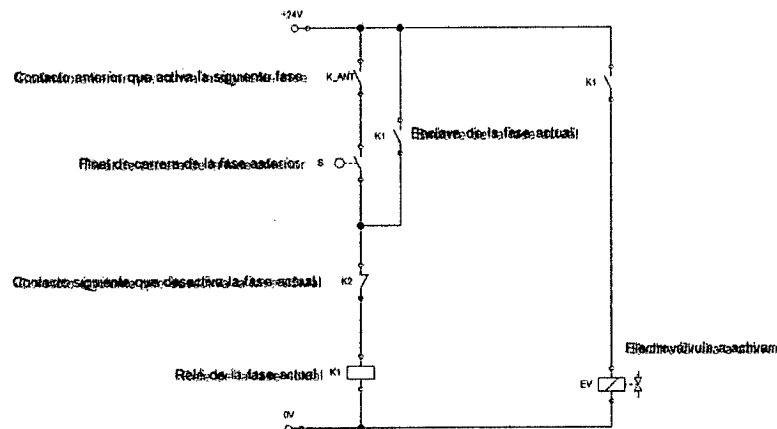


Figura 2.6.1.3.1-2. Enclave eléctrico.

En la mayoría de los circuitos de control se eligen válvulas de doble solenoide para el mando de los actuadores neumáticos, puesto que éstos proporcionan una función biestable en el caso de un fallo de suministro eléctrico, simplificando el diseño de circuitos de relés.

2.6.1.3.2 Método cascada electroneumática.

Para realizar un diseño utilizando este método se divide la secuencia en grupos. ES recomendable dividir al grupo en donde el actuador tiene que realizar dos movimientos simultáneamente.

La secuencia A+ C- C+ B- A- B+ se dividirá en tres grupos quedando de la siguiente manera cada grupo:

A+ Grupo I

C- Grupo II

C+B- Grupo III

A-B+ Grupo IV

A cada grupo en el circuito de mando le corresponde un relé que cerrará o abrirá contactos según el movimiento que corresponda. Entonces asignamos relés a los grupos de la secuencia anterior.

A+ Grupo I (K1)

C- Grupo II (K2)

C+B- Grupo III (K3)

A-B+ Grupo IV (K4)

Donde las letras “K” significan los relevadores. Para poder iniciar la secuencia primero se diseña el circuito de los grupos y para realizar el diseño de control de las secuencias se conecta en serie según la secuencia respectivamente con un contacto normalmente abierto del relé respectivo al grupo y los grupos que le persiguen, se conecta un contacto normalmente cerrado del relé del grupo que sigue esto se realiza por seguridad y garantiza el funcionamiento de la secuencia eliminando el control doble. La activación de los grupos lo realiza la última acción que le persigue.

El siguiente cuadro ayuda al diseñador a entender qué elementos componen cada grupo.

TRANSICIONES	GRUPO	RELÉ SOLENOIDE	ACTIVA	FINAL DE CARRERA
A+	I	K1	A+	a1
C-	II	K2	C-	c0
C+ B-	III	K3	C+, B-	c1, b0
A- B+	IV	K4	A-, B+	a0, b1

Figura 2.6.1.3.2-1. Cuadro de elementos del esquema.

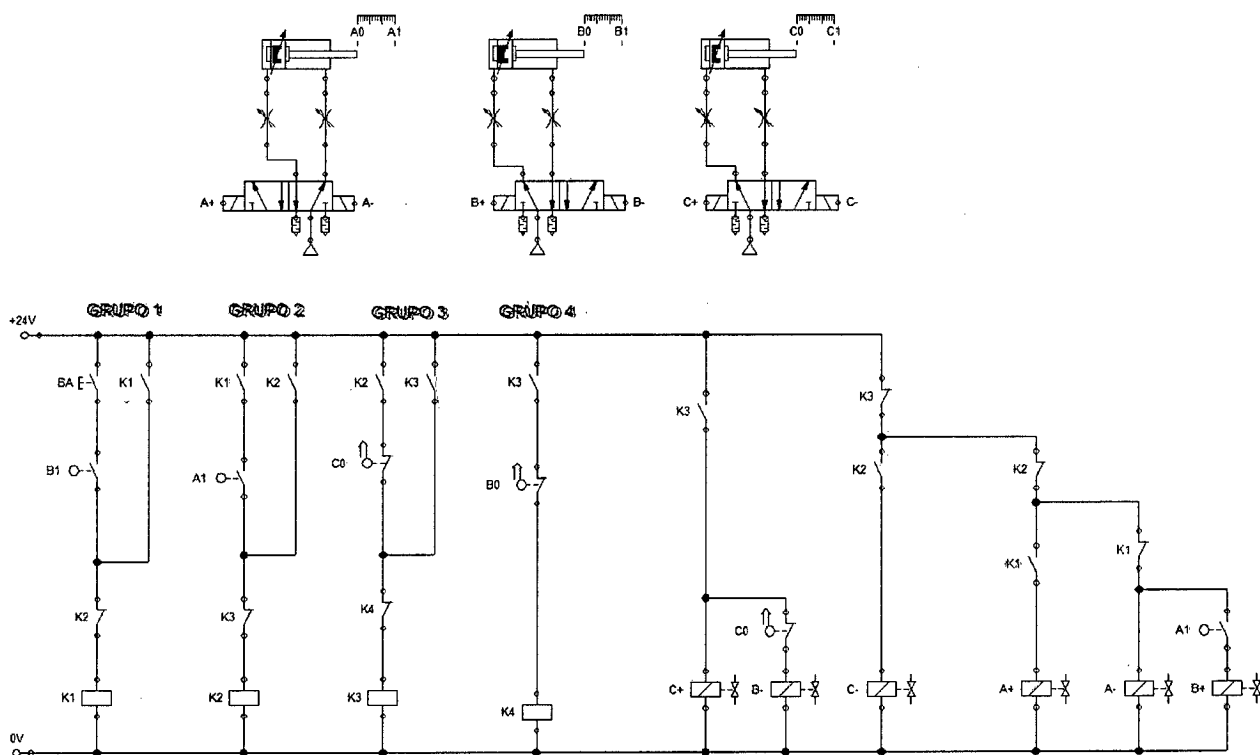


Figura 2.6.1.3.2-2. Diseño electroneumático cascada.

El siguiente cuadro muestra los grupos que se activarán con la excitación de cada relé. Para mejor entendimiento describimos la activación de los grupos.

GRUPO		
K2	I → A+ →	INACTIVO
	II → C- →	ACTIVO
<hr/>		
K3	II → C- →	INACTIVO
	III → C+ B- →	ACTIVO
<hr/>		
K1	IV → A- B+ →	INACTIVO
	I → A+ →	ACTIVO

Figura 2.6.1.3.2-3. Cuadro de activación.

Funcionamiento del Grupo I. Al accionar BA en serie con la última acción en el final de carrera b1, activa al relé K1 y por lo tanto al grupo I, este grupo está conectado a un contacto normalmente cerrado del relé K2, que es del grupo II, por seguridad para que desactive al grupo I.

Funcionamiento del Grupo II. El final de carrera a1 conectado en serie con un contacto normalmente cerrado del relé K3 y un contacto normalmente abierto de K1, accionará al relé K2 por lo tanto activará el grupo II y desactivará al anterior.

Funcionamiento del Grupo III. El final de carrera c0 conectado en serie con un contacto normalmente cerrado del relé K4 y un contacto normalmente abierto de K2, accionará al relé K3 por lo tanto activará el grupo III y desactivará al anterior.

Funcionamiento del Grupo III. El final de carrera b0 conectado en serie con un contacto normalmente abierto de K3, accionará al relé K4 por lo tanto desactivará el relé K3 y permite iniciar el ciclo nuevamente.

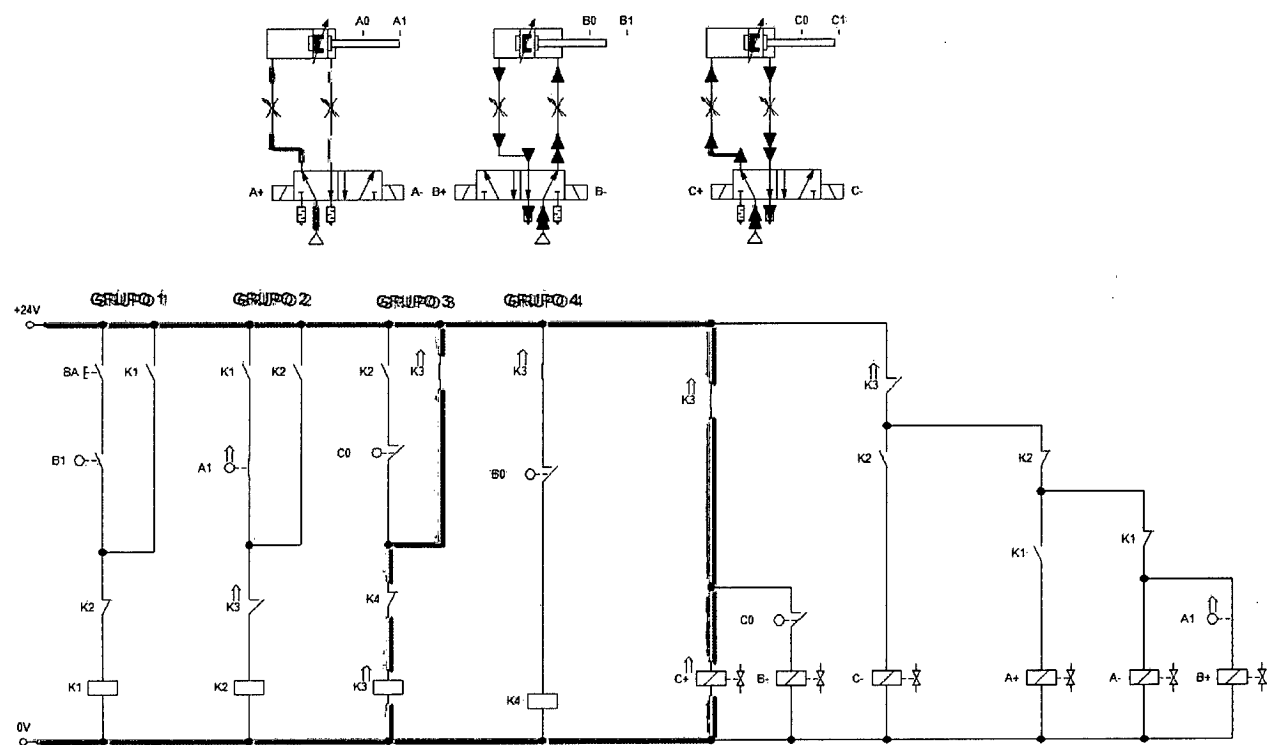


Figura 2.6.1.3.2-4. Simulación en FluidSIM.

2.6.1.4 Método paso a paso.

Es uno de los métodos de control de circuitos secuenciales muy útil, el cual está basado en que para activar una fase es necesario desactivar la fase anterior, generando así una secuencia. Para entender este método es necesario conocer el “enclave eléctrico”.

A continuación se describen los pasos necesarios para resolver una secuencia de operaciones a través de este método :

Se debe escribir correctamente la secuencia y dividirla en tantos grupos como fases tenga.

Secuencia a realizar:

A+ , B+A- , B- , C+ , A+B+ , A- , B- , C-

Figura 2.6.1.4-1. Secuencia.

Tendremos tantos grupos como movimientos realiza la secuencia 8.

- 1) Identificar las fases de la secuencia.

SECUENCIA	A+	B+ A-	B-	C+	A+ B+	A-	B-	C-
FASE	1	2	3	4	5	6	7	8

Figura 2.6.1.4-2. Fases del sistema.

- 2) Hay un relé de memoria correspondiente a cada fase, al activar una fase excito la bobina del relé, cuando esto sucede sus contactos se abren o cierran.
- 3) Una fase es activada por la fase anterior y desactivada por la siguiente asegurando que en cada momento esté activo solamente un relé; activo significa que se le está aplicando tensión.
- 4) Tabla de trabajo para la activación y desactivación de la secuencia.

Se incluye una columna en la que se escriben las marcas de los relés de memoria correspondientes a cada fase, una columna en donde se anotan la fase anterior y el final de carrera de la fase anterior, y otra columna en la que se escribe la fase anterior. Todos estos datos ayudan a dibujar el circuito de enclave y activación de cada fase como se muestra en la siguiente figura.

FASE	SECUENCIA	ACTIVACIÓN: fase anterior, captador de fase anterior	RELÉ	DESACTIVACIÓN: grupo siguiente
1	A+	Fase 8, c0	K1	Fase 2
2	B+ A-	Fase 1, a1	K2	Fase 3
3	B-	Fase 2, b1 y a0	K3	Fase 4
4	C+	Fase 3, b0	K4	Fase 5
5	A+ B+	Fase 4, c1	K5	Fase 6
6	A-	Fase 5, a1 y b1	K6	Fase 7
7	B-	Fase 6, a0	K7	Fase 8
8	C-	Fase 7, b0	K8	Fase 1

Figura 2.6.1.4-3. Cuadro de activación y desactivación de fases.

- 5) El circuito de potencia consta de cilindros, las válvulas de mando biestables 5/2 y los finales de carrera.

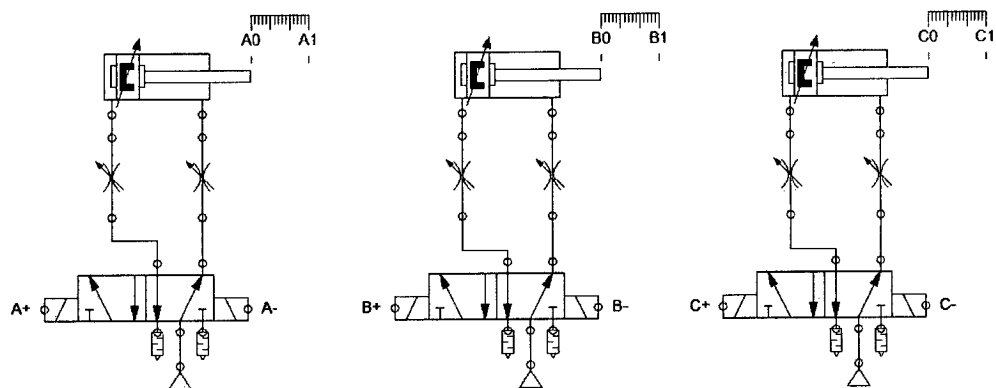


Figura 2.6.1.4-4. Circuito de potencia de la secuencia (A+, B+A-, B-, C+, A+B+, A-, B-, C-).

- 6) El circuito electroneumático se empieza a dibujar con los relés de memoria. Luego se dibuja la parte del circuito relativa a los solenoides de las electroválvulas.

- 7) Conexión de los relés de memoria.

Para desactivar la fase se pone en la parte superior del relé un contacto normalmente cerrado del relé de la fase siguiente.

Para activar cada fase se pone un contacto normalmente abierto del relé de la fase anterior y un contacto también normalmente abierto del último final de carrera activado en la fase anterior. Para hacer el enclave (realimentación) de cada relé se pone un contacto normalmente abierto de sí mismo.

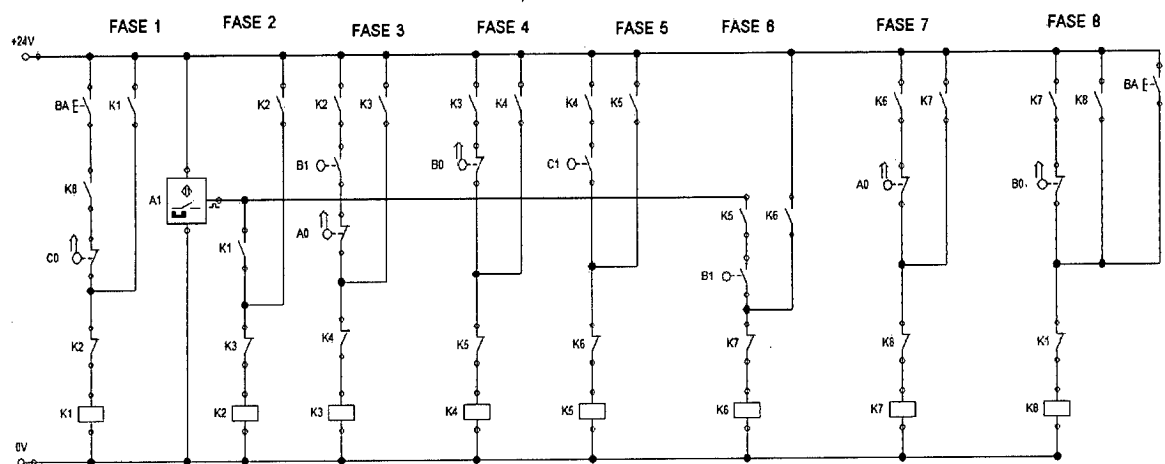


Figura 2.6.1.4-5. Etapa de control de las fases.

- 8) En la conexión a las electroválvulas, los solenoides se conectan con los contactos de los relés de las fases en que se encuentran activas dichas solenoides.

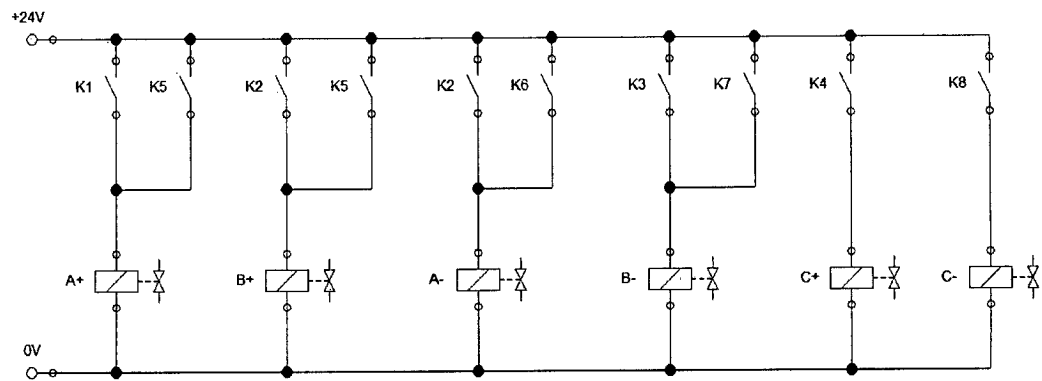


Figura 2.6.1.4-6. Activación de las válvulas solenoide.

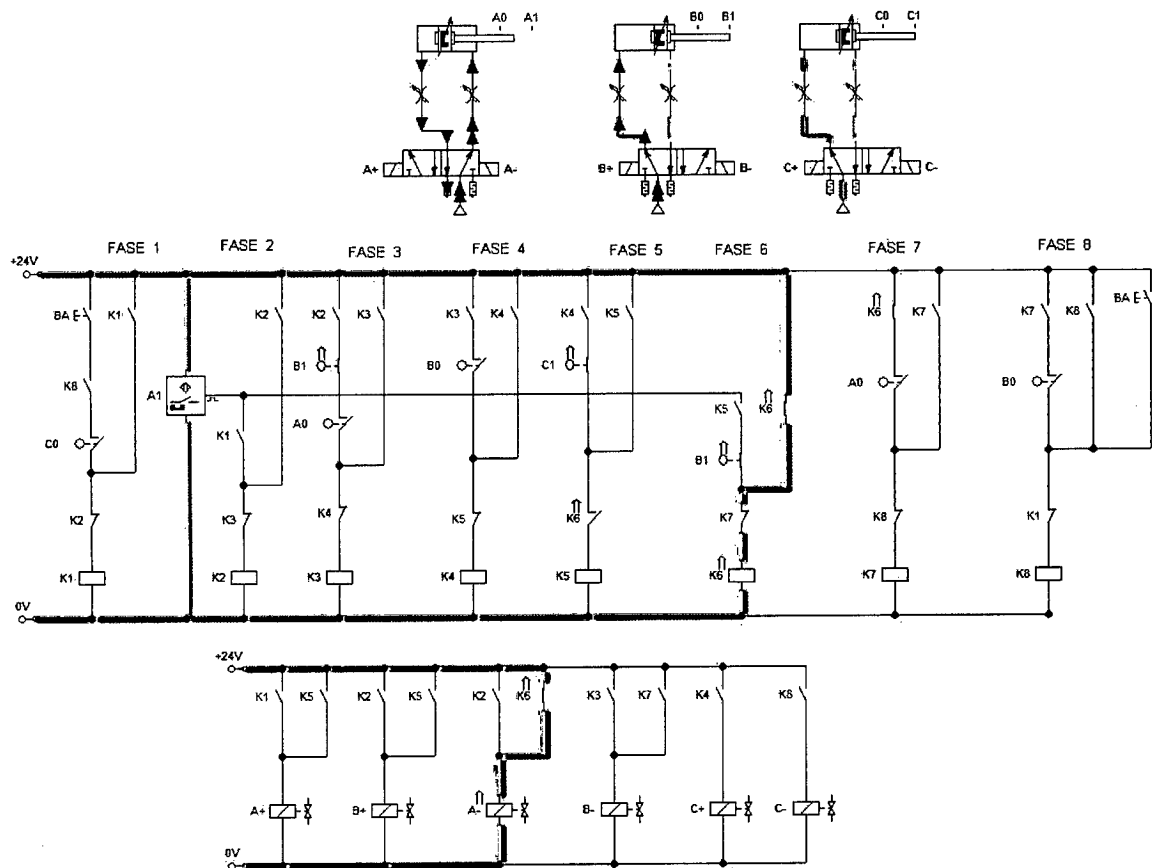


Figura 2.6.1.4-7. Simulación en FluidSIM.

2.6.1.5 Método secuencial.

La lógica del método secuencial nos dice que todo relevador debe ser enclavado. Partiremos de la siguiente secuencia a realizar: A+, B+, A- B- , B'+, B-.

FASES	CILINDRO A	CILINDRO B	SENSORES	MOVIMIENTO
0	←	←		C.I
1	→	←	a1	A+
2	→	→	b1	B+
3	←	←	a0, b0	A- B-
4	←	→	b1	B+
5	←	←	b0	B-

CONDICIONES DE CAMBIO

Figura 2.6.1.5-1. Condiciones de cambio del sistema.

A continuación explicaremos el método secuencial resolviendo la secuencia anterior.

En condiciones iniciales C.I los cilindros de doble efecto A y B se encuentran retraídos. Iniciamos el diseño conectando el botón de arranque BA en serie con el botón de paro BP y el relé a enclavar K1.

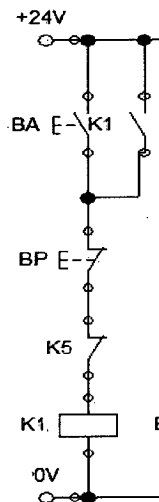


Figura 2.6.1.5-2. Primer paso del diseño electroneumático.

Luego identificamos las electroválvulas a activar EV1 y EV2, y las asociamos a su símbolo eléctrico en el diagrama de contactos.

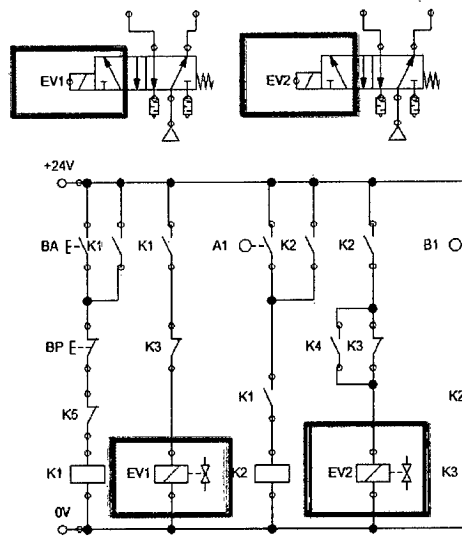


Figura 2.6.1.5-3. Asociación de elementos.

Añadimos al circuito neumático los sensores que será las marcas para el control eléctrico del diagrama.

El primer movimiento a realizar es la salida del cilindro A, esto se logra con el primer enlace del relé K1.

Al salir el vástago de A, activa el sensor A1 y este provoca que salga el segundo cilindro. La electroválvula de B no se puede activar directamente, conviene el uso de un segundo relé K2.

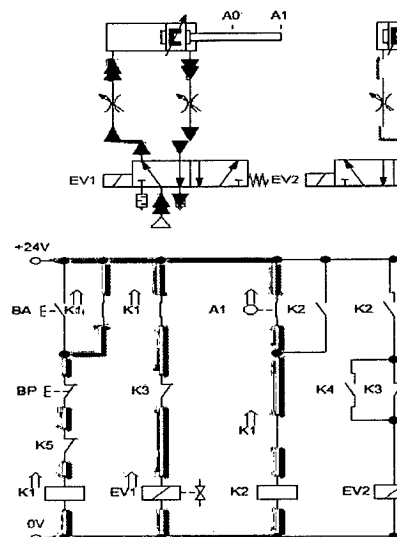


Figura 2.6.1.5-4. Activación de sensor A1.

El segundo movimiento es la salida del cilindro B que activa al sensor B1 y excita al relé K3 que también ha sido enclavado, pero los relevadores K1 y K2 han quedado enclavados.

El tercer paso es que cuando el cilindro B termine de salir ocasione que ambos cilindros regresen, en los métodos anteriores se rompen los enclaves para lograr esta acción, pero este método se centra en la desactivación de las electroválvulas que controlan los cilindros, pues si desactivamos pasos (rompemos enclaves) cada paso anterior desactivará al siguiente y por consecuencia apagará relevadores que aún tienen órdenes de control que ejecutar.

En la metodología de diagrama de contactos se recomienda que antes de activar un relé debo preguntar por el relé anterior con esto aseguramos que el tercer paso no se active antes que el primero, y así protegemos al sistema de que tenga arranque secuencial. Siguiendo esta lógica antes de activar el relé K2 se debe conectar en serie un contacto normalmente abierto del relé K1 y así con los siguientes relevadores.

Para que ambos cilindros regresen debemos apagar las electroválvulas, entonces conectamos en serie un contacto normalmente cerrado del relé K3. Con esto desactivamos la carga y no a los relevadores.

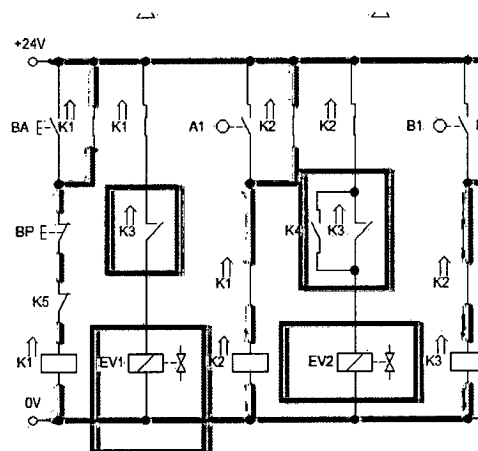


Figura 2.6.1.5-5. Desactivación de cargas.

El paso cuatro debe de extender el vástago del cilindro B, se logra activando un cuarto relé K4 que de igual manera se enclava y se asegura con un contacto del relé anterior. La señal que activa éste paso es el regreso y por tanto activación de los sensores A0 y B0.

Se debe volver a hacer salir el cilindro B, ya que el flujo de corriente a su electroválvula fue cortado por un contacto de K3, entonces debemos conectar en paralelo un contacto normalmente abierto de K4.

El último paso consiste en que el cilindro B regrese, entonces preguntamos por el sensor B1 y activamos K5, luego conectamos un contacto normalmente cerrado en serie con el primer paso, esto produce que todos los pasos se desactiven y las electroválvulas se desexciten. El último paso

no se enclava. Con esto el sistema queda en condiciones iniciales y listo para volver a empezar usando el BA.

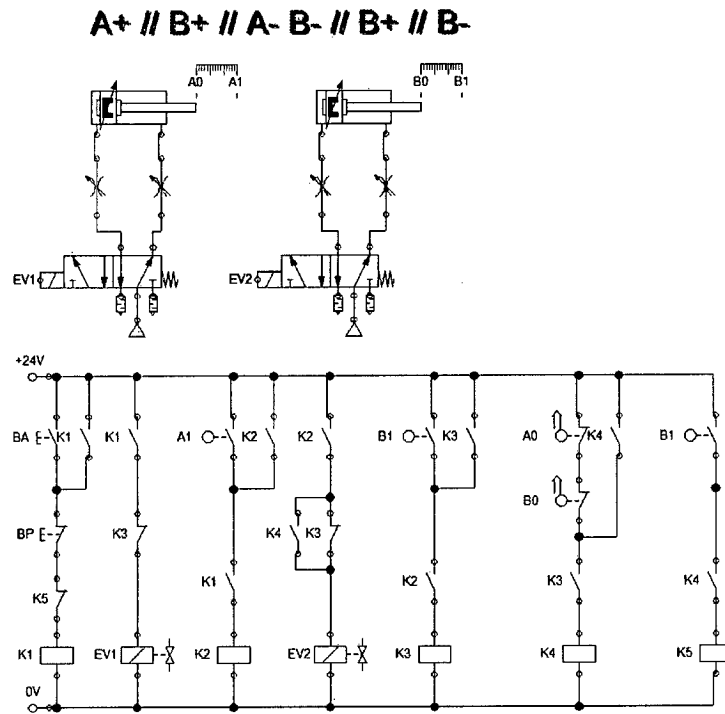


Figura 2.6.1.5-6. Diseño de la secuencia.

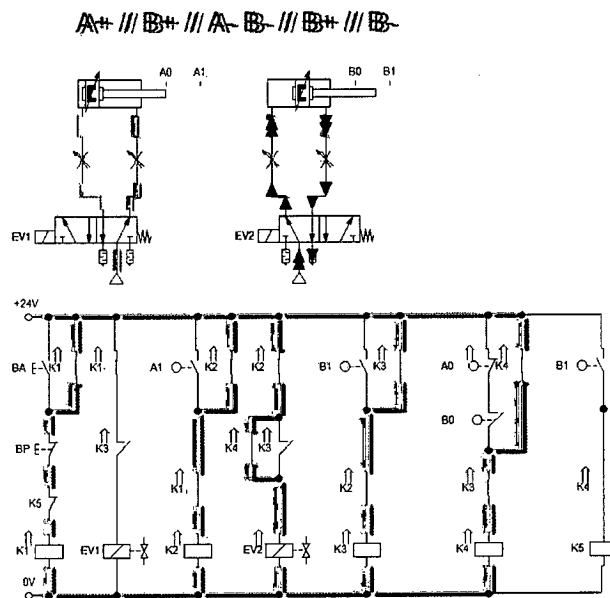


Figura 2.6.1.5-7. Simulación en FluidSIM.

2.6.1.6 Diagramas ladder.

El diagrama Ladder se usa para describir circuitos de relés electromecánicos. Sin embargo, la aplicación del mismo para circuitos con válvulas neumáticas o hidráulicas es relativamente nueva. Por lo tanto, como ya se describió anteriormente las operaciones y reglas del Diagrama Ladder Eléctrico vamos a mostrar como este método puede ser aplicado a un circuito electroneumático.

Se hará uso del software Automation Studio para la conexión de los sensores a las entradas, y la conexión de los solenoides a las salidas, del diagrama ladder.

Se tendrá que realizar la secuencia del esquema neumático de la figura 2.6.1.6-1.

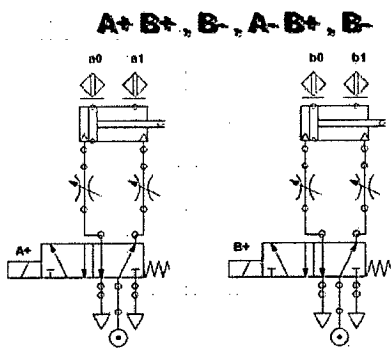


Figura 2.6.1.6-1. Circuito de fuerza neumático.

Se programará esta secuencia en lenguaje Ladder, a continuación se presenta un cuadro que muestra los sensores activos en cada movimiento, y las salidas que activa cada relé interno del PLC.

FASES	CILINDRO A	CILINDRO B	SENSORES	MOVIMIENTO	RELE
0	←	←	a0, b0	C.f	
1	→	→	a1, b1	A+ B+	K1
2	→	←	b0	B-	K2
3	←	→	a0, b1	A- B+	K3
4	←	←	b0	B-	K4

Figura 2.6.1.6-2. Cuadro de activación.

Asignamos los sensores, botones de arranque y paro al módulo de entradas del PLC.

ENTRADAS	
I:0/0	B.A
I:0/6	B.P
I:0/1	a0
I:0/2	a1
I:0/3	b0
I:0/4	b1

Figura 2.6.1.6-3. Entradas del PLC.

Asignamos las electroválvulas al módulo de salidas del PLC.

SALIDAS	
O:0/0	A+
O:0/2	B+

Figura 2.6.1.6-4. Salidas del PLC.

Lo primero que conectaremos será nuestro botón de paro B.P (NC) en serie con nuestro botón de arranque B.A (NA), los cuales activaran el primer relevador interno K1, que es el primer paso y se debe realizar su enclave respectivo. Luego de hacer el enclave de K1, se conecta un contacto NA de K1 hacia las dos electroválvulas que al activarse las excitará provocando así la salida de los cilindros y culminando el primer paso.

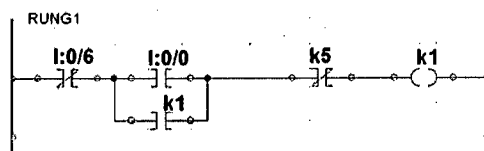


Figura 2.6.1.6-5. Enclave de K1.

El segundo paso inicia con la activación de los finales de carrera a1 y b1, los cuales activan al relé K2. Para garantizar que el primer paso se haya ejecutado la lógica del lenguaje de contactos nos dice que se debe preguntar por el paso anterior, es decir se debe preguntar por el contacto NA de K1, y este contacto se conecta en serie con los finales de carrera ya mencionados. El enclave del segundo relé se da en el sensor debido a que éste cambia en cada momento su estado. Para que el cilindro B regrese se debe desactivar la carga (electroválvula), esto se logra conectando un contacto NC en serie a ella, dando por finalizado el segundo paso.

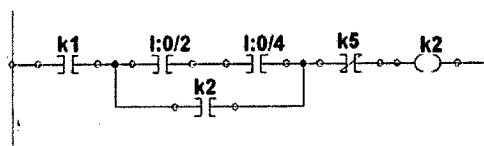


Figura 2.6.1.6-6. Enclave de K2.

El paso numero 3 debe hacer regresar al cilindro A y salir al B, preguntamos por el contacto anterior K2 y lo conectamos en serie con el sensor accionado al final del paso 2, que es b0. Realizamos el enclave y siguiendo la secuencia se activa el relé K3. Este tercer relé debe activar sus contactos para que excite la válvula de B y desactive la carga de A. Para que lo primero suceda se debe de conectar un contacto NA de K3 hacia la válvula de B, y para que lo segundo pase conectaremos un contacto NC de K3 hacia la válvula de A.

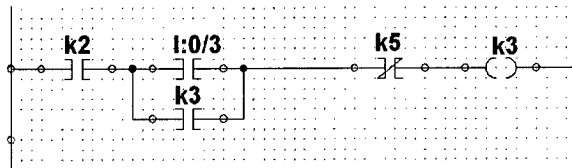


Figura 2.6.1.6-7. Enclave de K3.

El cuarto paso de la secuencia es que el cilindro B regrese a su condición inicial. Para que esto pase debe de enclavarse los sensores a0 y b1 que se activaron al final del paso anterior, y activar el relé K4 quien desactivará la electroválvula de B.

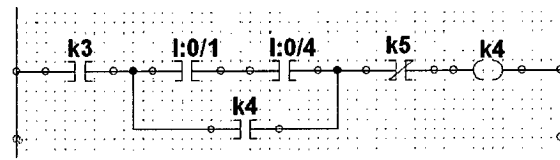


Figura 2.6.1.6-8. Enclave de K4.

El último paso consiste en desactivar todas las secuencias, conectado en serie a todos los pasos un contacto NC de K5, que es el último relé activo.

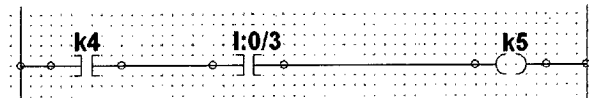


Figura 2.6.1.6-9. Activación de K5.

A continuación se muestra el diseño y simulación de la secuencia y la distribución de entradas y salidas.

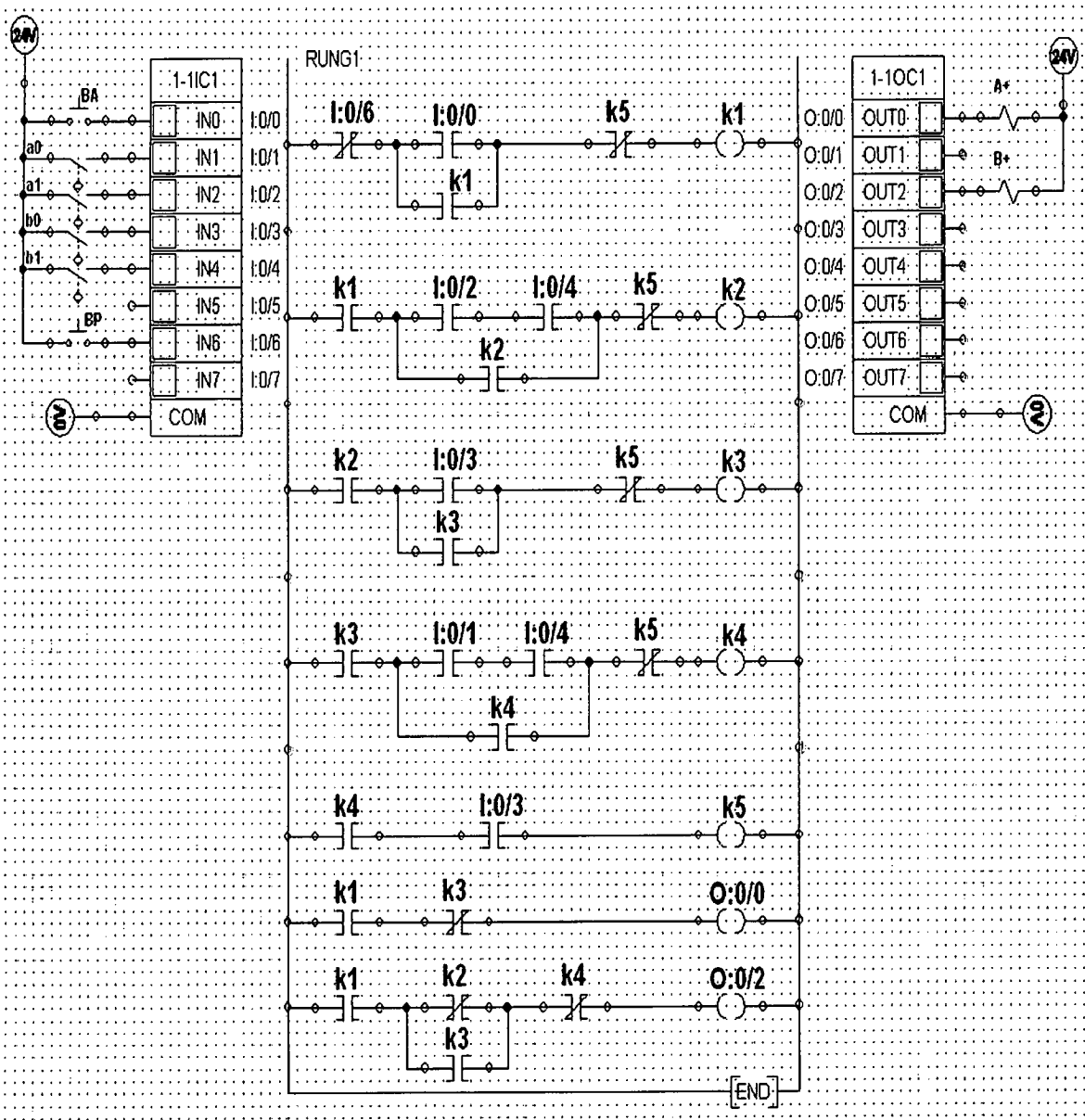


Figura 2.6.1.6-10. Diseño en Automation Studio.

Reg. 6621 — 4/5/16 LNP

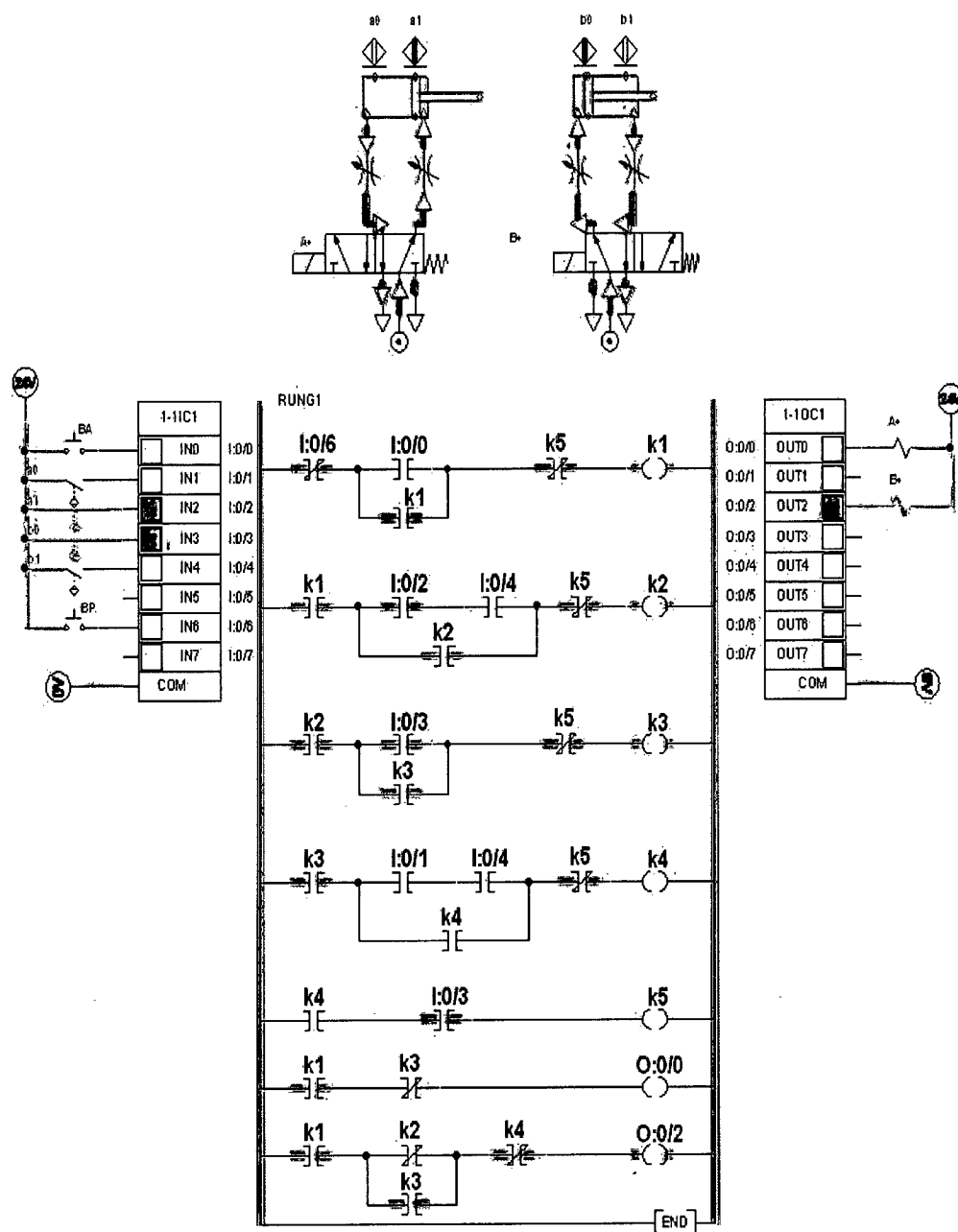


Figura 2.6.1.6-11. Simulación en Automation Studio.

2.7 Software de simulación.

Existen programas de diseño de circuitos que facilitan el diseño de instalaciones neumáticas y electroneumáticas:

- FLUIDSIM NEUMATICA de Festo Didactics que simula componentes digitales, diagramas y fuerzas en circuitos neumáticos.
- AUTOMATION STUDIO es un software de diseño y de simulación capaz de cubrir necesidades en hidráulica, neumática, electrotecnia, electricidad, controles, HMI y comunicación. Es fácil combinar todas estas tecnologías para diseñar, documentar y simular sistemas completos.
- CODESYS Permite programar autómatas de diferentes fabricantes.

2.7.1 FluidSIM 4.5 Neumática.

Es una herramienta de simulación para la obtención de los conocimientos de neumática y electroneumática. Una característica importante es que permite crear el esquema del circuito sobre la base de una simulación plenamente explicativa. Soporta el aprendizaje, la formación y la visualización de los conceptos de la técnica neumática.

El uso de este software permite desarrollar el conocimiento del usuario en problemas neumáticos a través de la información de constitución, funcionamiento de válvulas, actuadores, accionamientos así como los métodos para resolver problemas de control doble, y otros problemas que pueden presentarse en diversas situaciones de aplicación en la industria.

Alrededor del mundo son muchos los centros de educación que emplean el software FluidSIM como herramienta para el aprendizaje del control neumático, incluyendo a sus estudiantes en el conocimiento y desarrollo de la misma.

El software esta creado no solo con la finalidad del diseño y simulación, también tiene como objetivo la enseñanza, es decir, el software mediante su simbología, fotos, presentaciones de cómo funcionan los dispositivos, ofrece los conocimientos básicos de los elementos neumáticos y eléctricos que se emplean para el control neumático y electroneumático.

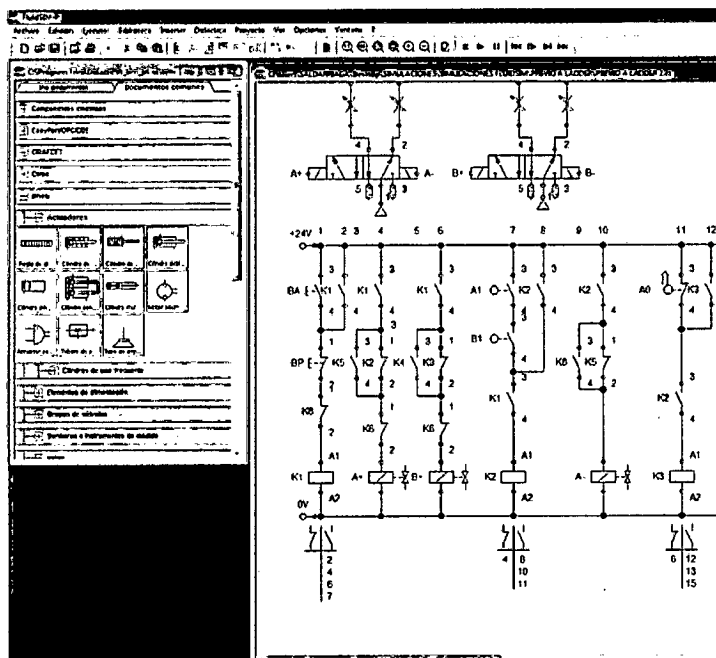


Figura 2.7.1-3. Entorno de diseño del software.

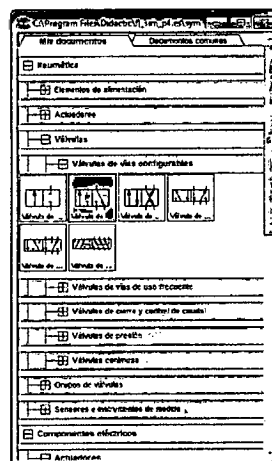


Figura 2.7.1-4. Biblioteca de componentes FluidSIM.

2.7.1.1 Comunicación OPC con otras aplicaciones.

El software FluidSIM permite la posibilidad de intercambiar datos con otras aplicaciones y de este modo trabajar. La condición de este acoplamiento es que la otra aplicación posea una interfaz de OPC (OLE for process control).

- OPC .- ("OLE for Process Control" procesos de control por OLE)
- OLE .- ("Object Linking and Embedding" incrustación y enlazado de objetos)

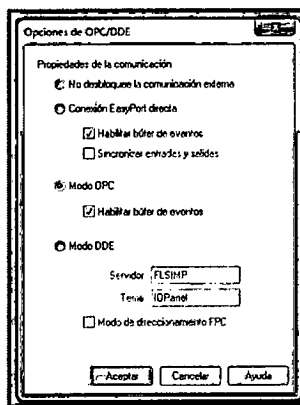


Figura 2.7.1-5. Modo OPC.

2.7.1.1.1 Descripción OPC.

Un servidor OPC es un (driver) que cumple con Diferentes especificaciones definidas; utilizando sus protocolo nativos (típicamente PLCs, Modulos I/O, controladores, etc.) y por el otro lado con Clientes OPC (típicamente SCADAs, HMIs, generadores de informes, generadores de gráficos, aplicaciones de cálculos, etc.). En una arquitectura Tanto Cliente como Servidor, el Servidor OPC es el esclavo mientras que el Cliente OPC es el maestro. Las comunicaciones entre ellos son bidireccionales, lo que significa que los Clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor.

Para hacer uso de PLC, se deben insertar módulos de entradas y salidas al circuito de control. Se debe buscar y arrastrar al área de trabajo los módulos, como se muestra en la siguiente figura.

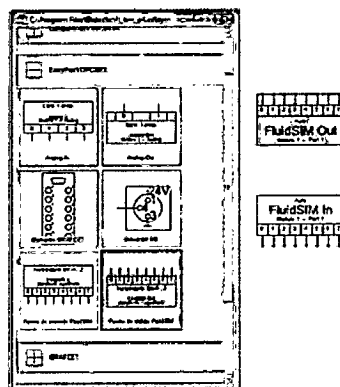


Figura 2.7.1-6. Módulos de entradas y salidas de FluidSim a PLC.

Luego de agregar los módulos se procede a conectar los sensores o finales de carrera a las entradas y los solenoides de las electroválvulas a las salidas.

Una vez que se tienen configurados los circuitos de fuerza y de control para el PLC, se deben configurar los puertos de entradas y salidas de FluidSim, para esto se debe hacer doble clic sobre el puerto a configurar, el sistema desplegará una ventana como la de la figura 2.7.1-7.

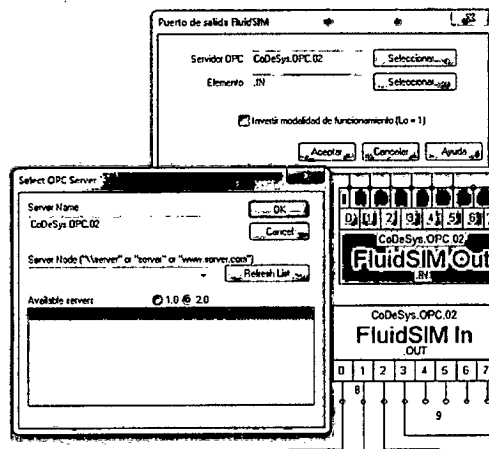


Figura 2.7.1-7. Selección del servidor OPC.

En la ventana desplegada se puede visualizar dos selecciones, el de la parte superior corresponde a la selección del servidor OPC, mientras que el de la parte inferior corresponde a la configuración de la dirección del puerto de FluidSim con respecto al módulo de entradas o salidas digitales del PLC.

Una vez que se ha seleccionado el servidor OPC, se prosigue con la configuración de la dirección del puerto, esta dirección debe corresponder a los módulos del controlador lógico programable, de lo contrario no reconocerán el intercambio de datos.

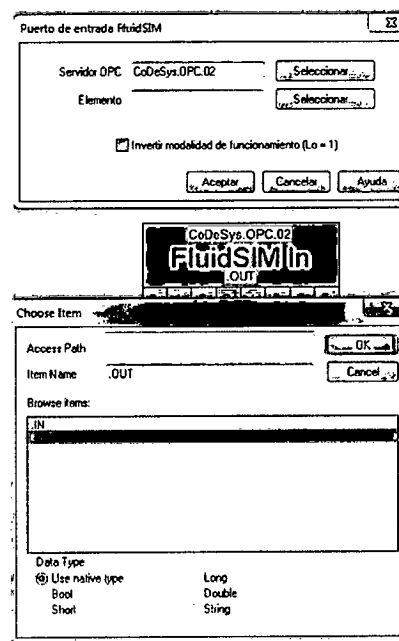


Figura 2.7.1-8. Configuración de puerto de FluidSim.

Con este ejemplo se pueden adquirir los conocimientos necesarios para la configuración de los circuitos de control por PLC y de fuerza en FluidSim, para la simulación de procesos electroneumáticos mediante la integración de software.

2.7.2 Automation Studio 5.0.

Automation Studio está hecho especialmente para ingenieros y especialistas en neumática, eléctrica y automatización. Ofrece una combinación de herramientas amigables para el diseño de sistemas en un ambiente de trabajo común; ofrece funciones ingenieriles avanzadas; una simulación realista y dinámica; herramientas de animación. Permite a usuarios finales optimizar el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de sistemas.

Es un programa de diseño, animación y simulación. Las simulaciones reflejan procesos reales industriales. Posee tres componentes: un editor de esquemas, un explorador de proyectos y un explorador de bibliotecas. El primero permite realizar esquemas de simulación, el segundo ofrece las funciones principales de gestión y clasificación de todo documento relacionado con un esquema y el tercero provee bibliotecas de símbolos que sirven para realizar los esquemas de los proyectos.

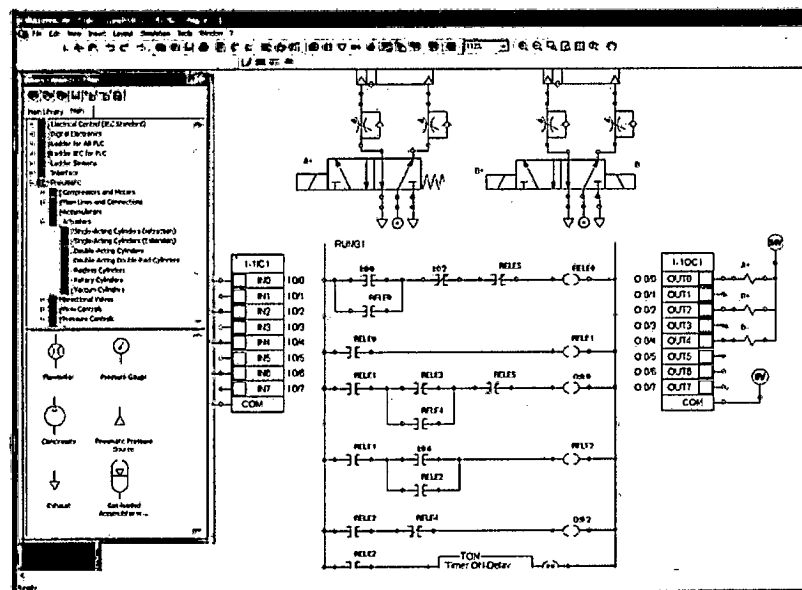


Figura 2.7.2-1. Elementos de la ventana del editor.

En las bibliotecas puede encontrar una extensa gama de símbolos tales como bombas, motores, válvulas de alivio, direccionales, componentes mecánicos, instrumentos de medida, de acondicionamiento, transductores, etc. Los componentes se han agrupado por función para facilitar la navegación.

Las bibliotecas incluyen símbolos y modelos de simulación integrados conforme a ISO 1219-1 para los símbolos y conforme a 1219-2 para la gestión del circuito.

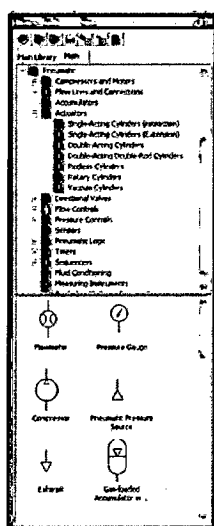


Figura 2.7.2-2. Biblioteca de componentes.

Automation Studio tiene las siguientes funciones de diseño:

- Durante la simulación, los componentes se animan y las líneas cambian de color según su estado. La velocidad de simulación puede igualmente ajustarse en modo Normal, Paso-a-Paso, Cámara Lenta y Pausa.
- El usuario puede asignar datos a cada componente de un proyecto para generar lista de materiales.
- Las bibliotecas Automation Studio ofrece diferentes componentes genéricos estructurados por categorías de manera amigable conforme a numerosas normas internacionales ISO, IEC, JIC y NEMA.
- Información detallada se puede mostrar directamente en el diagrama o en infoburbujas al sobrevolar un componente en pantalla.
- El módulo de dimensionamiento de componentes provee cálculos de ingeniería asistidos por computador.

La utilización de esta herramienta para visualizar, monitorear y simular el comportamiento de un sistema real representa una ventaja importante para comprender mejor su funcionamiento y las técnicas de reparación.

Automation Studio permite realizar configuraciones para las posiciones de una válvula direccional hidráulica o neumática. En el caso que no encuentre la configuración deseada, esta herramienta le permite crear la configuración y guardarla para uso futuro. El configurador de posiciones de válvulas incluye todas las herramientas esquemáticas necesarias para crear un circuito al interior de una posición de una válvula direccional.

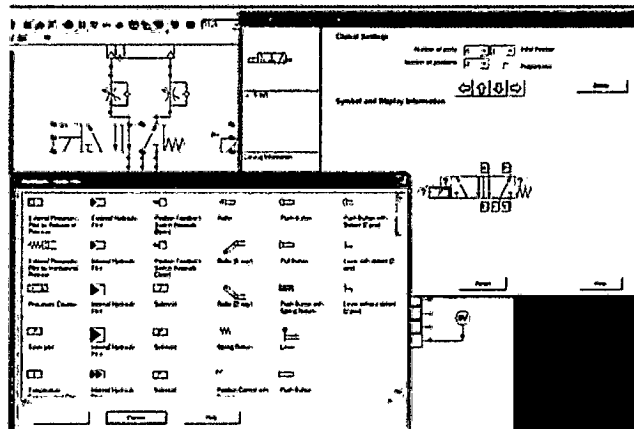


Figura 2.7.2-3. Configuración de válvulas.

Da al usuario la libertad de modificar en todo momento cualquier parámetro durante los cálculos. Al modificar un valor, los parámetros afectados por el cambio se resaltan en rojo facilitando así el análisis y la validación de parámetros calculados. Luego el usuario puede aplicar los valores modificados a las propiedades técnicas del componente para que sean tomadas en cuenta durante la simulación.

Una vez que el dimensionamiento de cada componente se ha terminado, es fácil dimensionar el sistema entero mediante la simulación para validar los cálculos y las secuencias de operación.

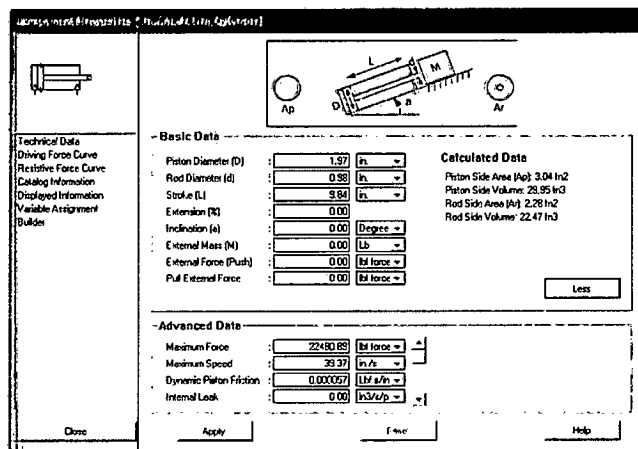


Figura 2.7.2-4. Configuración de parámetros.

Prueba y validación de secuencias lógicas para PLC en sistemas completamente virtuales. Esta herramienta le permite configurar las tarjetas E/S del PLC, se puede igualmente definir la lógica interna del PLC que a su vez también se puede simular con las otras tecnologías.

Usted puede construir, simular y monitorear la lógica en escalera de un PLC sin necesidad de conocer profundamente la interfaz del fabricante. Los usuarios se concentran en la automatización a realizar en vez de perder tiempo aprendiendo a usar estas interfaces.

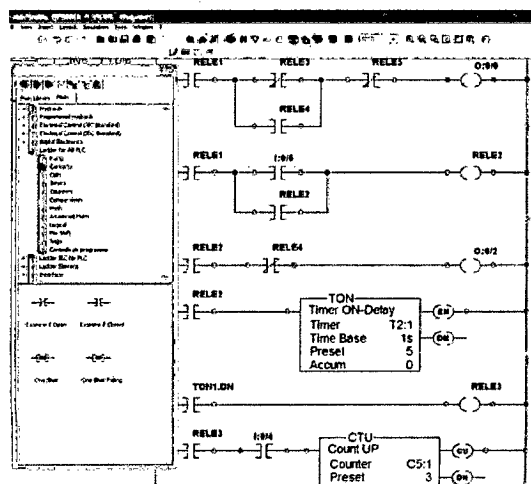


Figura 2.7.2-5. Programación de PLC.

2.7.3 CODESYS V2.3.

Codesys es un paquete de software que sirve como herramienta de programación para los PLCs más comunes. Permite programar autómatas de diferentes fabricantes y se trata de un software de programación abierto. Es un sistema que viene normalizado por la norma IEC 61131-3 este es un software de programación abierto que se pretende estandarizar para la utilización en cualquier marca de PLCs; cuya inversión fue sustentada por 7 multinacionales con alto nivel de experiencia en sistemas de control; dicha norma está constituida por dos partes fundamentales que son elementos comunes y lenguajes de programación. Los elementos comunes se refieren a datos (referente al tipo de variable con la cual se va a trabajar) y variables (nos permiten indicar una dirección física para cada una de nuestras variable de entrada y salidas) Con esto se pretende eliminar la fidelidad a una sola marca y disminuir el negocio que han venido desarrollando las diferentes empresas que fabrican PLCs, en cuanto al software específico para este, y permitir la disponibilidad de otras opciones de control para el desarrollo de proyectos en automatización. En si la norma IEC 61131-3 está enfocada directamente en la programación de PLCs independientemente de la marca que este sea.

En este apartado se dan los pasos básicos para la configuración y uso del software CoDeSyS V2.3.

2.7.3.1 Creación del proyecto.

Dar click en el menú "Archivo" luego en la opción "Nuevo", aparece un cuadro de dialogo para la "configuración del sistema de destino"; como el proyecto solo se basa en la simulación, este y otros tópicos no se trataran. Retomando se selecciona "None", es decir ninguno o sin formato, se muestra la ventana de "Nuevo Módulo" en ésta ventana se le da el nombre, es de acotar que este siempre deberá ser "PLC_PRG" por ser el primero de nuestro proyecto. Además se define el "Tipo de módulo", ya sea programa, función o bloque de funciones, por defecto se encuentra seleccionado: programa. El tipo de lenguaje también se configura en ésta ventana; se

encuentran: Lista de Instrucciones (IL), Texto estructurado (ST), Escalera (LD), Diagrama de bloques funcionales (FBD), Gráfico funcional secuencial (SFC), Gráfico continuo de funciones (CFC).

En esta parte se explica la creación de simulaciones para PLC usando el lenguaje Ladder, para esto se selecciona LD como se muestra en la imagen siguiente.

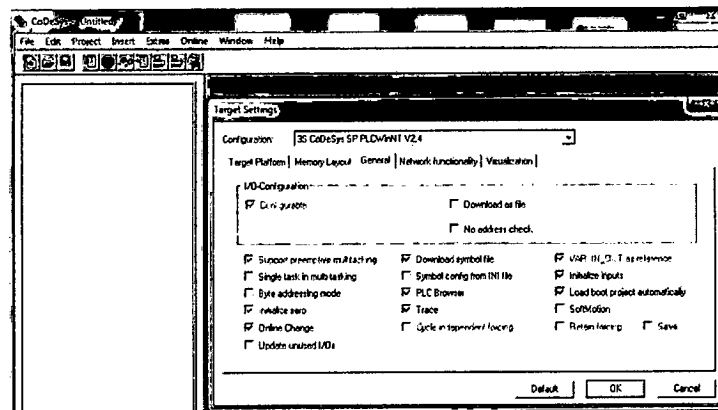


Figura 2.7.3.1-1. Configuración de parámetros iniciales.

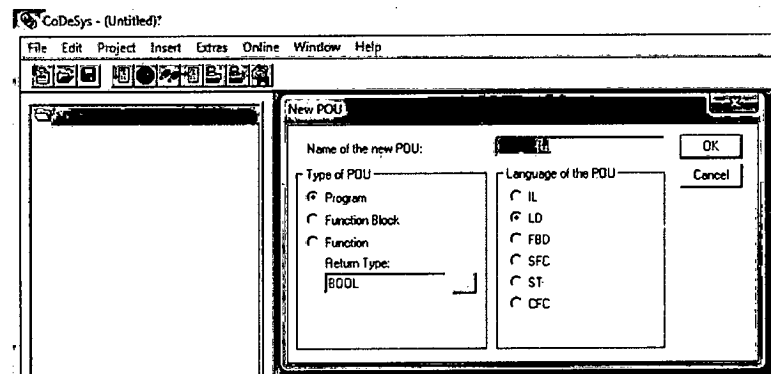


FIGURA 2.7.3.1-2. Configuración de lenguaje de programación a usar.

2.7.3.2 Reconocimiento del entorno

El entorno de CoDeSys se aprecia en la siguiente figura, este consta del objeto y el organizador de objetos, el objeto o POU (unidad organizativa del programa) está compuesto por la declaración, esta siempre es en editor de texto; y el cuerpo que es el programa en sí, que se realiza en el editor para este caso el editor es ladder. POU comprende tanto funciones como bloques de funciones y programas, los cuales pueden ser complementados por acciones. La sección del cuadro rojo representa los contactos y bobinas del lenguaje ladder a usar en la programación.

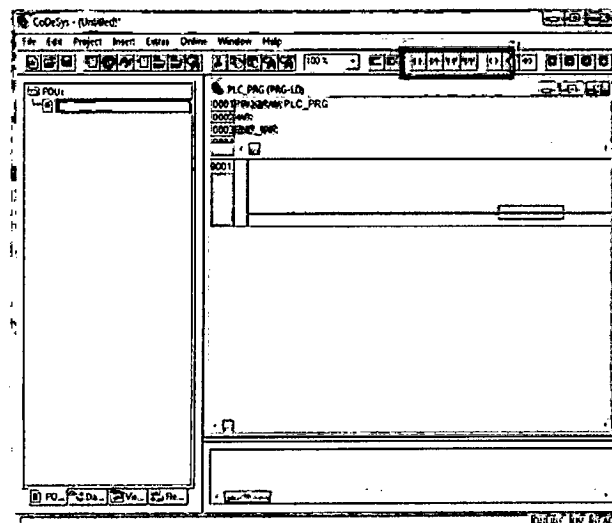


Figura 2.7.3.2-1. Unidad organizativa del programa.

En el organizador de objetos, se puede apreciar en la pestaña módulos los diferentes programas, funciones del programa principal, en la pestaña recursos como la imagen a continuación, especialmente el administrador de bibliotecas y la carpeta de variables globales.

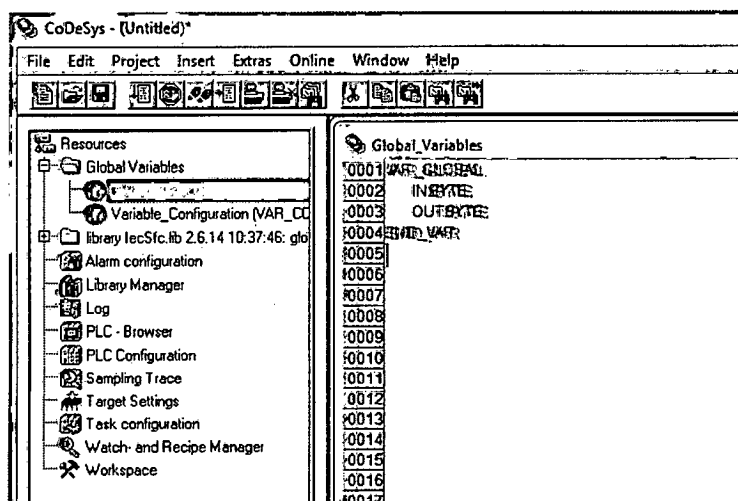


Figura 2.7.3.2-2. Variables globales.

2.7.3.3 Configuración de comunicación OPC.

Para realizar la configuración de la red se debe acceder al apartado Online > Communication Parameters de la barra de menú - figura 2.7.3.3-1.

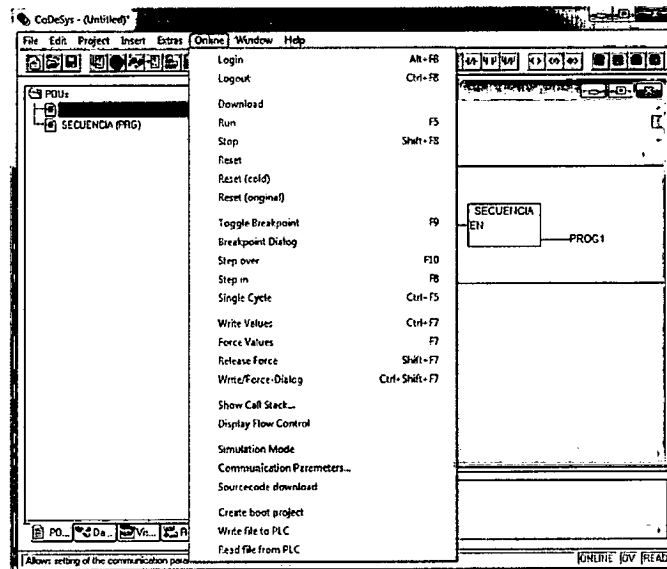


Figura 2.7.3.3-1. Parámetros de comunicación.

A continuación aparecerá el siguiente cuadro de diálogo - Figura 2.7.3.3-2.

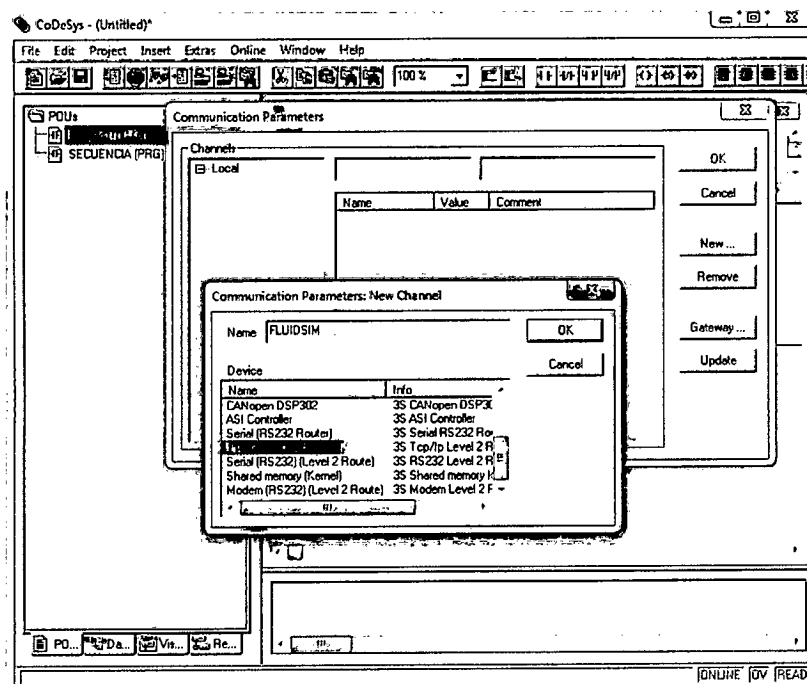


Figura 2.7.3.3-2. Creación de canal de comunicación.

Seleccionando la opción New, se podrá configurar un nuevo canal de comunicaciones - Figura 2.7.3.3-2. Como se enlaza con FluidSIM, agregaremos un canal de comunicación nuevo y asignaremos un nombre como FLUIDSIM, seleccionando tcp/ip (level 2 route), luego damos OK.

Al validar el nuevo canal aparecerá la configuración de la siguiente manera Figura 2.7.3.3-3, debemos asegurarnos de que en la configuración del gateway la conexión sea LOCAL.

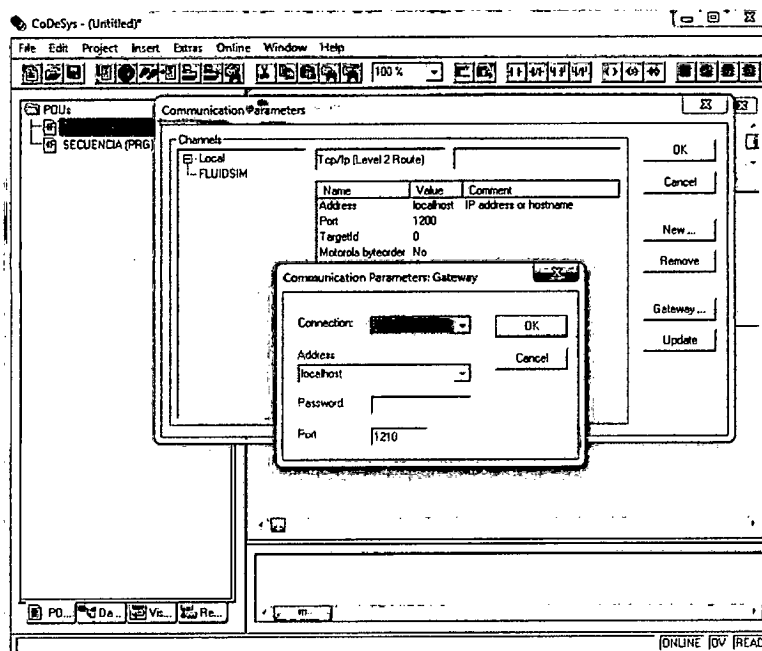


Figura 2.7.3.3-3. Configuración de canal de comunicación.

Después abrimos el configurador OPC del CODESYS y seleccionamos la opción mostrada.

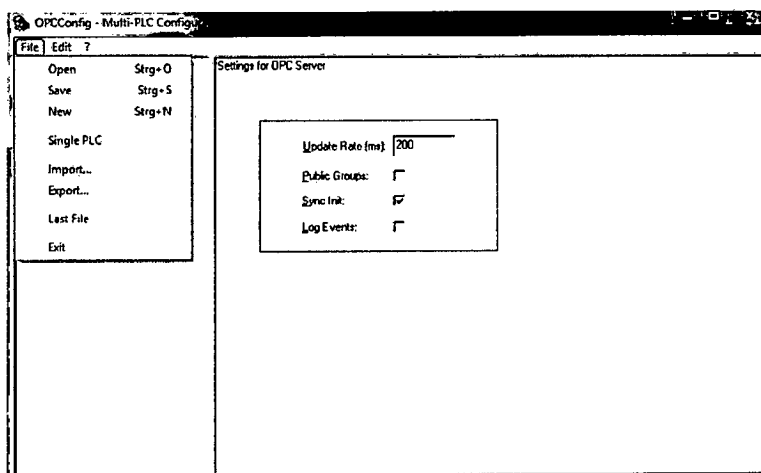


Figura 2.7.3.3-4. Configurador de comunicación OPC.

Editamos la configuración del canal creado anteriormente.

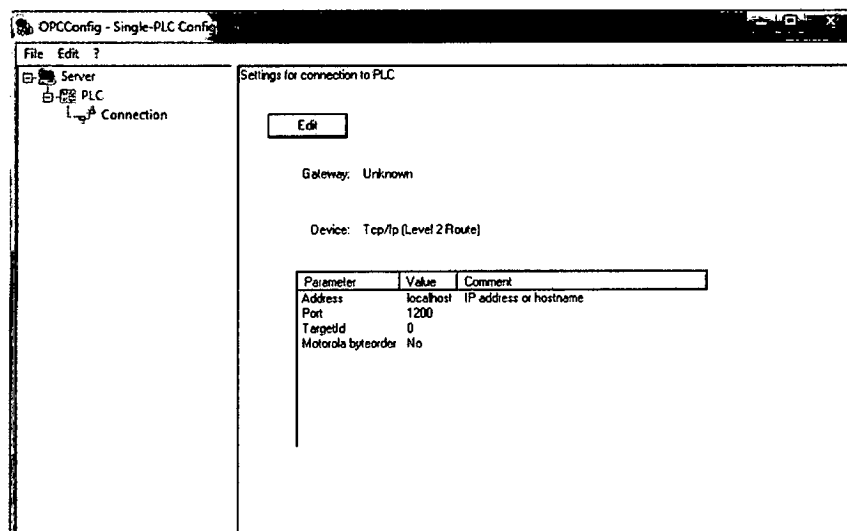


Figura 2.7.3.3-5. Edición de canal de comunicación.

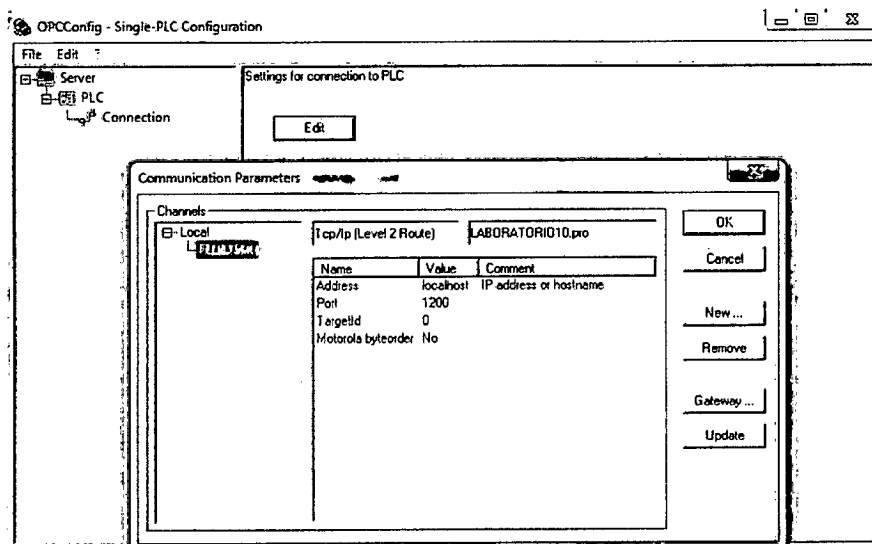


Figura 2.7.3.3-6. Selección de canal de comunicación.

Ahora configuramos el PLC virtual que se conecta a FluidSIM, como es un demo su funcionamiento está limitado a dos horas. Solo abrimos el PLC y desde CODESYS le enviamos el programa, con esto queda todo listo para su correcto funcionamiento junto a FluidSIM.

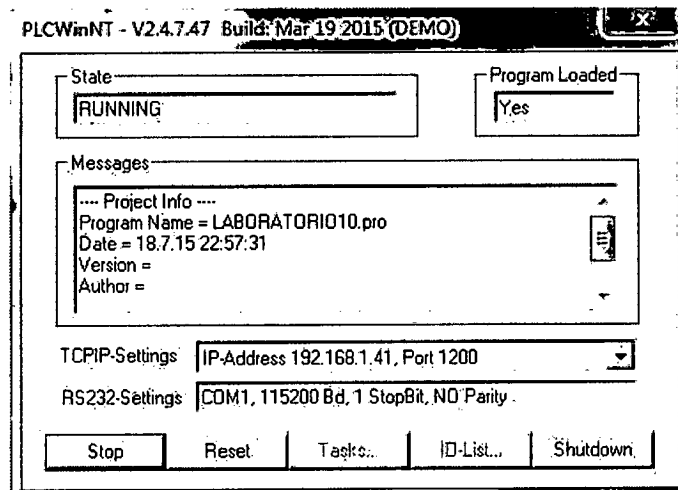


Figura 2.7.3.3-7. PLC virtual.

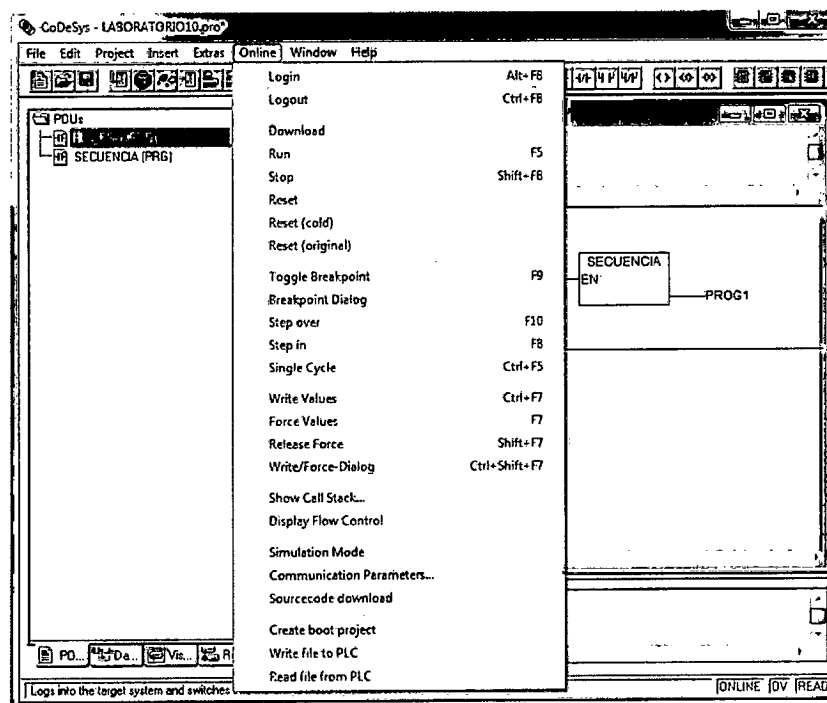


Figura 2.7.3.3-8. Cargar programación en PLC virtual.

CAPÍTULO III

3.- DISEÑO DEL MODULO ELECTRONEUMATICO

3.1 Estudio de factibilidad.

Esta es una de las actividades más importantes para determinar y verificar si el módulo es factible o viable desde todas las perspectivas posibles. El estudio de factibilidad debe analizarse de acuerdo a: Factibilidad Técnica, Factibilidad Operativa, Factibilidad Económica.

3.1.1 Factibilidad técnica.

Se evaluará si los requerimientos tecnológicos determinados para el desarrollo de este trabajo de investigación se encuentran disponibles y al alcance del investigador. En este apartado analizaremos lo que se requiere para el desarrollo del módulo en cuanto a software.

Para determinar la factibilidad técnica se deben analizar:

- Tecnología y solución propuesta.
- Disposición de la tecnología.
- Conocimientos técnicos.

3.1.1.1 Tecnología y solución propuesta

Las tecnologías de software necesarias para el desarrollo módulo son las siguientes:

- Windows XP Mode
- Windows Virtual PC
- Automation Studio 5.0
- FluidSIM Neumática 4.5
- CODESYS V3.5

El hardware requerido para la implementación del módulo y poder utilizar estos software sin problemas requiere tener un sistema con las siguientes características como mínimo:

- Pentium II, 500 MHz
- 128 MB RAM
- 2 GB de espacio de disco duro disponible
- CD ROM drive

Para cada una de las áreas mostradas se tienen varias propuestas y alternativas que están disponibles en el mercado actual de software y el laboratorio de la escuela cuenta con las maquinas con los requisitos hardware necesario.

3.1.1.2 Disponibilidad de la tecnología.

En este apartado se analizó la tecnología software que se requiere para el diseño y simulación del módulo. Algunas de las alternativas de software son de tipo comercial (Automation Studio) y de código libre (Windows XP Mode, Windows Virtual PC, CODESYS V3.5, FluidSIM Neumática 4.5), estos son utilizados en el desarrollo del módulo.

3.1.1.3 Conocimientos técnicos.

Además de contar con la tecnología necesaria se requiere contar con conocimientos técnicos para la correcta utilización de la misma. En el caso del software, el desarrolladores del módulo tiene conocimiento de las alternativas de software mencionadas, en algunos casos no se trata de conocimientos profundos pero si suficientes para el manejo de las mismas. Al hacer un análisis de lo anterior, se logra concluir que el proyecto es factible técnicamente.

3.1.2 Factibilidad operativa.

Se evaluará la realización de todos los aspectos conceptuales relacionados con el tema de investigación. Para determinar si el módulo propuesto tiene viabilidad operativa, se deben tener en cuenta algunos aspectos como:

Solución de la problemática planteada.

Al analizar la problemática planteada, se observa que el módulo es funcional para la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, pues tiene como objetivo permitir a los alumnos de la Escuela fortalecer conocimientos en el área de automatización industrial. Se puede determinar que es factible operativamente, porque todo en general muestra disponibilidad completa para la realización del módulo.

3.1.3 Factibilidad económica.

El presupuesto formulado en el trabajo de investigación será solventado con recursos propios del investigador.

La factibilidad económica del proyecto se mencionará en las especificaciones de costos totales del módulo. Aunque se puede decir que es factible económicamente porque se cuenta con la mayoría de las herramientas, conocimiento y disponibilidad para llevar a cabo dicho módulo, el costo es mínimo debido a que algunas de las herramientas de desarrollo son de distribución libre.

Costos de licencia de software.

Automation Studio 5.0 tiene un precio de \$70.00, la versión más reciente del software se puede conseguir de <http://www.automationstudio.com/>.

CODESYS V3.5 está disponible para descargar desde <http://www.codesys.com/> sólo debe registrarse en la página.

Windows XP Mode y Windows Virtual PC están disponibles para descargar desde <http://windows.microsoft.com/> de manera gratuita.

FluidSIM Neumática 4.5 está disponible para descargar desde <http://www.fluidsim.de/> de manera gratuita.

3.2 Diseño del módulo.

De acuerdo a la investigación realizada para resolver secuencias de automatización electroneumática con diferentes métodos se llevará a cabo el desarrollo del módulo. El módulo está diseñado para que el estudiante obtenga un conocimiento gradual y profundo de los temas más relevantes del área de electroneumática. El valor práctico del módulo radica en la capacidad que tendrá el alumno para la resolución de problemas de diseño electroneumático utilizando diferentes software para aprendizaje, simulación y comprobación. Cada práctica está formada por diferentes elementos que facilitan la comprensión y asimilación de los conceptos teóricos impartidos con anterioridad.

3.2.1 Desarrollo de prácticas de laboratorio.

3.2.1.1 Laboratorio I.

3.2.1.1.1 Título.

SECUENCIA A+, C+, B+, A-, C-, B-, UTILIZANDO EL METODO ESTADO-FASE

3.2.1.1.2 Objetivos.

- Identificar los elementos y las herramientas neumáticas para realizar los movimientos de la secuencia requerida.
- Interpretar un diagrama de estado-fase.
- Detectar problemas de cruce de señales.
- Realizar la simulación de la secuencia A+ , C+ , B+ , A- , C- , B-.
- Analizar el funcionamiento del circuito formado por tres cilindros neumáticos de doble efecto, utilizando válvulas 5/2 con pilotaje neumático.

3.2.1.1.3 Materiales.

- Software FluidSIM Neumática
- Cilindro de doble efecto (3)
- Válvula biestable 5/2 (3)
- Final de carrera válvula 3/2 accionamiento mecánico y retorno por muelle (6)
- Válvula 3/2 accionamiento mecánico (1)
- Alimentación Neumática
- Silenciadores (12)
- Válvula reguladora de caudal (6)

3.2.1.1.4 Procedimiento.

1. Configurar y conectar los elementos del circuito de control.
2. Desarrollar el circuito de control en FluidSIM.
3. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
4. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.1.5 Descripción.

La secuencia que se quiere diseñar posee 6 fases y se obtendrá a partir de diagrama de estado-fase y diagrama de señales de la figura 3.2.1.1-3 y 3.2.1.1-4. El primer movimiento lo realiza el actuador A pasando el vástago a su posición máxima (representado como una línea ascendente en el diagrama de estado-fase figura 3.2.1.1-3). Tanto el cilindro B como C no realizan ningún movimiento en esta fase (línea horizontal figura 3.2.1.1-3). Ya que en la segunda fase el cilindro C se extiende (línea ascendente), entonces la fase uno provocó el accionamiento del final de carrera c0. En la fase dos los cilindros A y B no realizan movimientos (líneas horizontales). En la fase tres el cilindro B se extiende (línea ascendente), se deduce que en la fase anterior se accionó al sensor b0 para que así cambie de estado. La fase cuatro sólo el cilindro A se mueve y su vástago regresa a su posición de reposo (línea descendente) lo que indica que en la fase anterior se accionó al sensor a1 como se ve en el diagrama de estado-fase. La fase cinco sólo el cilindro C se mueve y se contrae, como se ve en la figura 3.2.1.1-3, lo que indica que el cilindro A en la fase anterior al regresar activo al sensor c0. La última fase consiste en el retorno del cilindro B (línea descendente), por lo tanto el retorno de C activo al sensor b1.

Con esta descripción podemos ubicar los sensores, pues la extensión y contracción de los vástagos y los respectivos sensores que estos activan ya fue explicado. A continuación se muestra la ubicación de cada sensor en los cilindros con ayuda del diagrama de estado-fase.

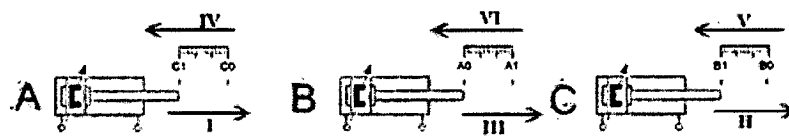


Figura 3.2.1.1-1. Distribución de los finales de carrera.

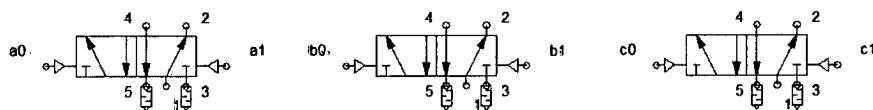


Figura 3.2.1.1-1. Accionamiento de las válvulas.

El diagrama de señales presentado en la figura 3.2.1.1-3 nos indica que no existe cruce de señales en las válvulas y podemos proseguir sin problemas con el diseño.

Haciendo uso de las figuras 3.2.1.1-1 y 3.2.1.1-2 podemos realizar el esquema neumático.

3.2.1.1.6 Diagrama de señales y estado-fase.

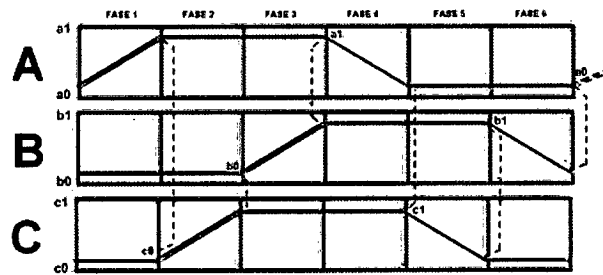


Figura 3.2.1.1-3. Diagrama estado-fase.

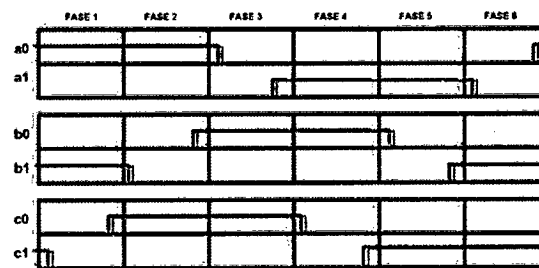


Figura 3.2.1.1-4. Diagrama de señales.

3.2.1.1.7 Esquema del circuito neumático.

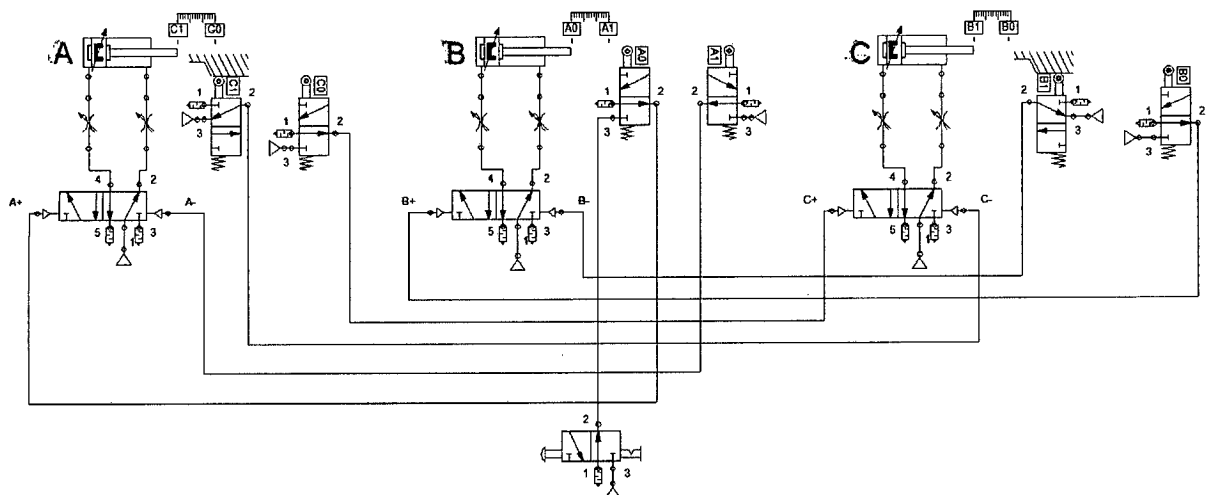


Figura 3.2.1.1-5. Circuito de control neumático.

3.2.1.1.8 Simulación en FluidSIM.

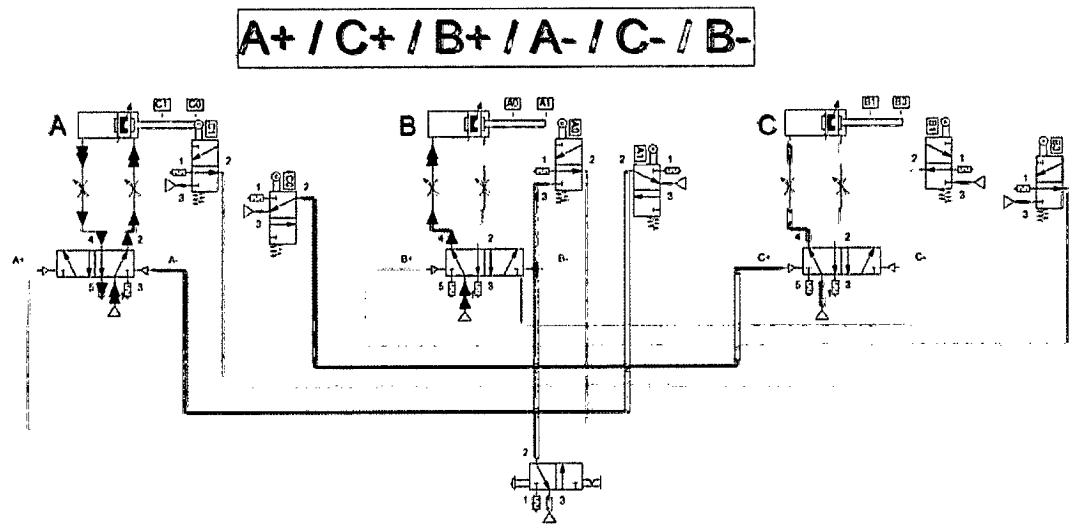


Figura 3.2.1.1-6. Simulación del circuito.

3.2.1.1.9 Conclusiones.

- La representación gráfica de la secuencia neumática es el diagrama de estado-fase.
- Es recomendable emplear otros métodos cuanto más compleja sea la secuencia.
- El diagrama espacio-fase es adecuado para representar ciclos secuenciales en los que el tiempo no interviene o no tiene prácticamente importancia.

3.2.1.1.10 Cuestionario.

- ¿Para qué usamos el diagrama de señales?
El diagrama de señales permite verificar que no existan señales dobles en las válvulas.
- ¿Puede usarse este método para secuencias con mayor complejidad?
Si, aunque sería más complicado y trabajoso evitar el cruce de señales.

3.2.1.2 Laboratorio II.

3.2.1.2.1 Título.

SECUENCIA A+ , B+ , A- , B- , C+ , C- , UTILIZANDO EL METODO CASCADA

3.2.1.2.2 Objetivos.

- Seleccionar los elementos neumáticos y electroneumáticos que sean requeridos para la práctica.
- Construir un circuito de control para realizar las acciones de los cilindros.
- Analizar el funcionamiento del circuito de control para la secuencia deseada mediante el software.
- Demostrar el funcionamiento del método para resolver secuencias electroneumáticas.

3.2.1.2.3 Materiales.

- Software FluidSIM Neumática
- Cilindro de doble efecto (3)
- Electroválvula biestable 5/2 (3)
- Finales de carrera (6)
- Alimentación Neumática
- Silenciadores (6)
- Válvula reguladora de caudal (6)
- Solenoide (6)
- Pulsador NA (1)
- Relevadores (4)

3.2.1.2.4 Procedimiento.

1. Separar la secuencia en grupos como indica el método.
2. Desarrollar el circuito de control en FluidSIM.
3. Configurar el circuito de potencia en FluidSIM.
4. Conectar los elementos del circuito de control y potencia.
5. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
6. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.2.5 Descripción.

Los sensores conectados en serie a cada grupo son parte de la lógica de control. Desde la pantalla principal de FluidSIM en el circuito de control pulsar botón de arranque (BA) este pulsador va a activar al relé K1 que se enclava y energiza la bobina A+, provocando la salida del vástago de este cilindro. La activación del grupo 2 ocurre cuando el sensor a1 es activado por la salida del vástago del cilindro A. Al activarse el relé de este grupo y enclavarse da lugar a la siguiente acción que es la salida del cilindro B y activación de b1. El captador b1 al accionarse activa al solenoide A-, y el cilindro A se contrae. El siguiente grupo será activado por los sensores a0 y b1 del grupo anterior. El grupo 3 hace regresar al cilindro B a su posición de reposo y activa a b0. El accionamiento de b0 activa al solenoide C+ y por consiguiente a c1. El último grupo no se enclava y realiza la acción de que al activarse los sensores del grupo anterior b0 y c1 desexcita al relé K3, y el sistema regresa a sus condiciones iniciales.

TRANSICIONES	GRUPO	RELÉ	SOLENOIDE ACTIVA	FINAL DE CARRERA
A+	I	K1	A+	a1
B+ A-	II	K2	B+, A-	b1, a0
B- C+	III	K3	B-, C+	b0, c1
C-	IV	K4	C-	c0

Figura 3.2.1.2-1. Cuadro de elementos del esquema.

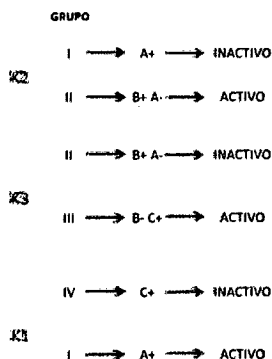


Figura 3.2.1.2-2. Cuadro de activación.

La figura 3.2.1.2-1 muestra la separación de la secuencia en grupos, los relevadores a usar para cada grupo, los lados de los solenoides activos en cada grupo y los finales de carrera de quien depende la activación de los grupos. Esta figura nos ayuda a la construcción del circuito de control.

La figura 3.2.1.2-2 señala la activación y desactivación de los grupos en cada paso de la secuencia. Nos ayuda a entender el sistema cascada del sistema.

3.2.1.2.6 Esquema del circuito neumático.

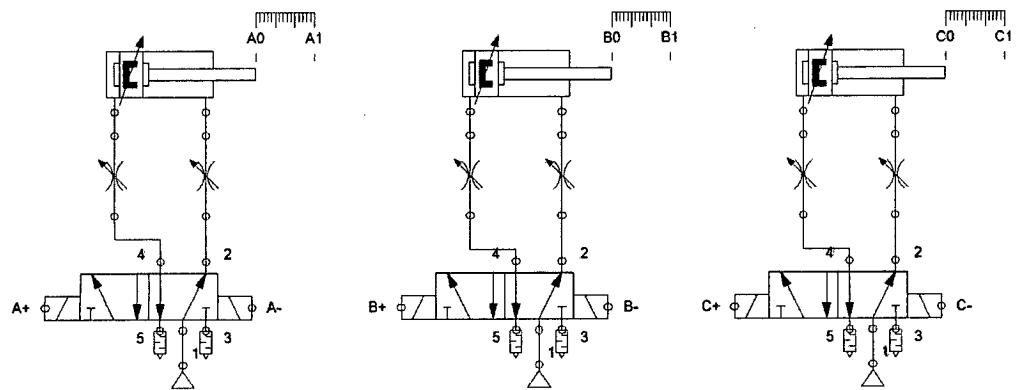


Figura 3.2.1.2-3. Esquema del circuito neumático.

3.2.1.2.7 Circuito de control.

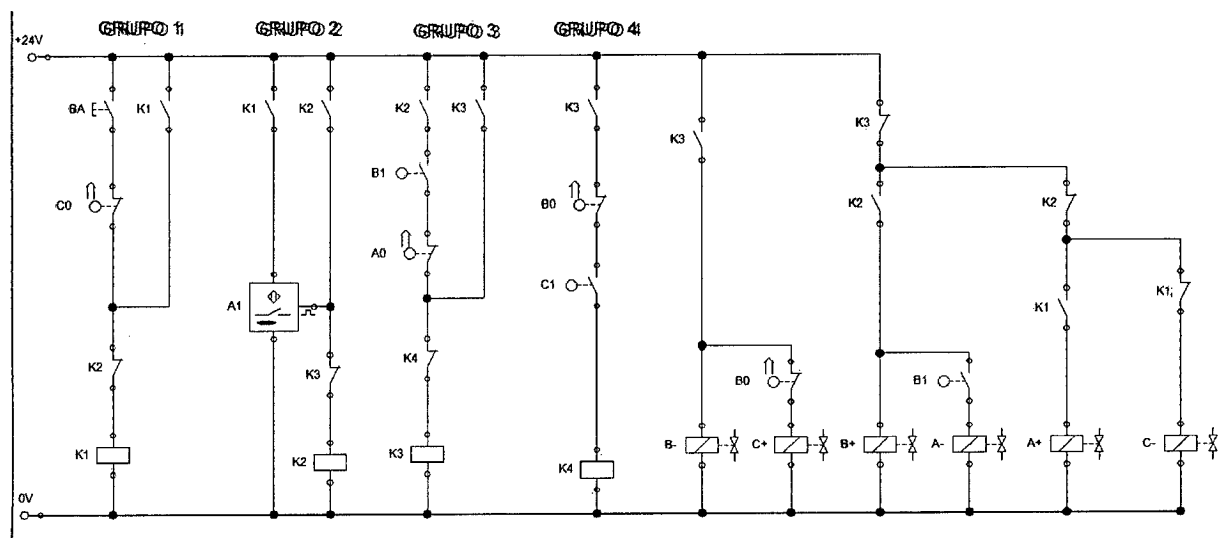


Figura 3.2.1.2-4. Esquema del circuito de control.

3.2.1.2.8 Simulación en FluidSIM.

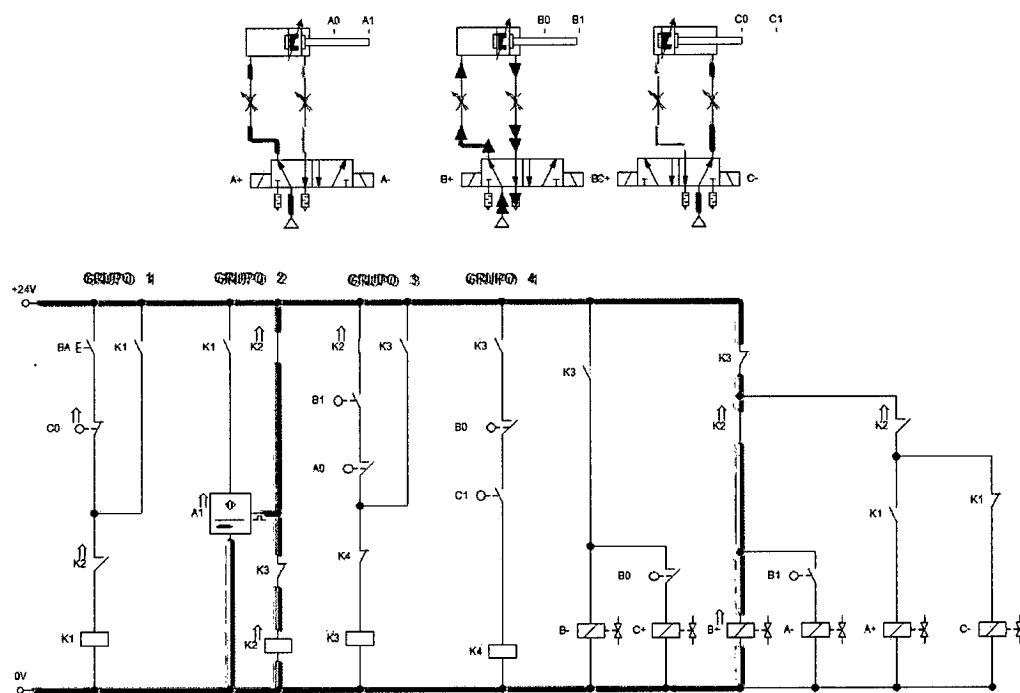


Figura 3.2.1.2-5. Simulación del sistema.

3.2.1.2.9 Conclusiones.

- En este método sólo está activo un grupo a la vez cuando se ejecuta la secuencia.
- Los sensores permiten la activación de siguiente grupo, además de asegurar que se ejecuten las acciones en orden.

3.2.1.2.10 Cuestionario.

- **¿Por qué se conectan contactos del siguiente grupo en serie al relé de activación de grupo actual?**
Estos contactos permiten que la desactivación de los grupos cuando la secuencia avance a su siguiente acción, haciendo que sólo este activo un grupo a la vez.
- **¿Por qué no se produce cruce de señales en este método?**
Ya que sólo está activo un grupo a la vez, se excita un lado de las electroválvulas. El otro lado fue desactivado con la conexión en serie del contacto del grupo siguiente.

3.2.1.3 Laboratorio III.

3.2.1.3.1 Título.

SECUENCIA A+, B+ C+, A- , C- , B- C+, C- , UTILIZANDO EL METODO PASO A PASO

3.2.1.3.2 Objetivos.

- Identificar los elementos y las herramientas Electroneumáticas para realizar los movimientos del sistema.
- Diseñar los esquemas neumático y eléctrico para el funcionamiento de la secuencia.
- Ejecutar la simulación de las acciones A+, B+ C+, A- , C- , B- C+, C-, de los cilindros utilizando el método paso a paso.
- Verificar el correcto funcionamiento de la secuencia deseada mediante el software.

3.2.1.3.3 Materiales.

- Software Automation Studio
- Cilindro de doble efecto (3)
- Electroválvula biestable 5/2 (3)
- Sensores de proximidad (6)
- Alimentación Neumática
- Válvula reguladora de caudal (6)
- Solenoides (6)
- Pulsador NA (1)
- Relevadores (6)

3.2.1.3.4 Procedimiento.

1. Desarrollar el circuito de control en Automation Studio.
2. Configurar el circuito de potencia en Automation Studio.
3. Conectar los elementos del circuito de control y potencia.
4. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
5. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.3.5 Descripción.

El cuadro de la figura 3.2.1.3-1 nos permitirá construir el circuito de control de la secuencia, así como también a entender su funcionamiento. Al pulsar el botón de arranque se energiza el relevador K1 y activa el solenoide A+, resultando la extensión del cilindro A y el accionamiento de A1. Al activarse A1, se excita el relé K2 rompiendo el enclave de K1 y activando el solenoide B+ y C+. Se produce la salida del cilindro B y C como consecuencia de la fase anterior y activa el sensor B1 y C1. La tercera fase sucede cuando el relé K3 es excitado al activarse B1 y C1.

El relevador K3 rompe el enlace de K2 y activa el solenoide A-, accionando al sensor A0. La fase cuatro excita al relé K4 y activa al solenoide C-. Al contraerse el vástago del cilindro C, activa al sensor C0 y da lugar a la fase cinco. La fase cinco activa al relé K5 y los solenoides B- y C+ con sus respectivos sensores B0 y C1 terminada la acción. Los sensores activados anteriormente provocan que la fase seis active su relevador K6 que se encarga de hacer regresar el cilindro C.

FASE	SECUENCIA	ACTIVACIÓN: fase anterior, captador de fase anterior	RELÉ	DESACTIVACIÓN: grupo siguiente
1	A+	Fase 6, c0	K1	Fase 2
2	B+ C+	Fase 1, a1	K2	Fase 3
3	A-	Fase 2, c1 y b1	K3	Fase 4
4	C-	Fase 3, a0	K4	Fase 5
5	B- C+	Fase 4, c0	K5	Fase 6
6	C-	Fase 5, b0 y c1	K6	Fase 1

Figura 3.2.1.3-1. Cuadro de activación y desactivación de fases.

3.2.1.3.6 Esquema del circuito neumático.

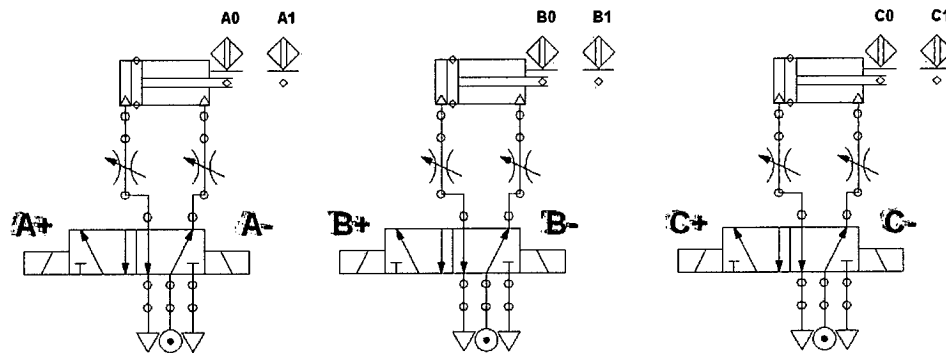


Figura 3.2.1.3-2. Esquema del circuito neumático.

3.2.1.3.7 Circuito de control.

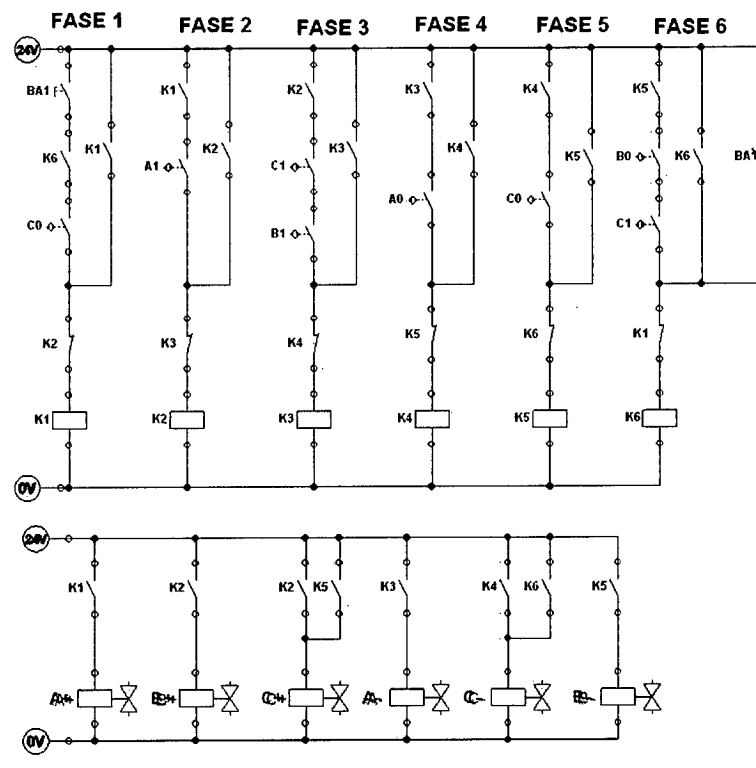


Figura 3.2.1.3-3. Esquema del circuito de control.

3.2.1.3.8 Simulación en Automation Studio.

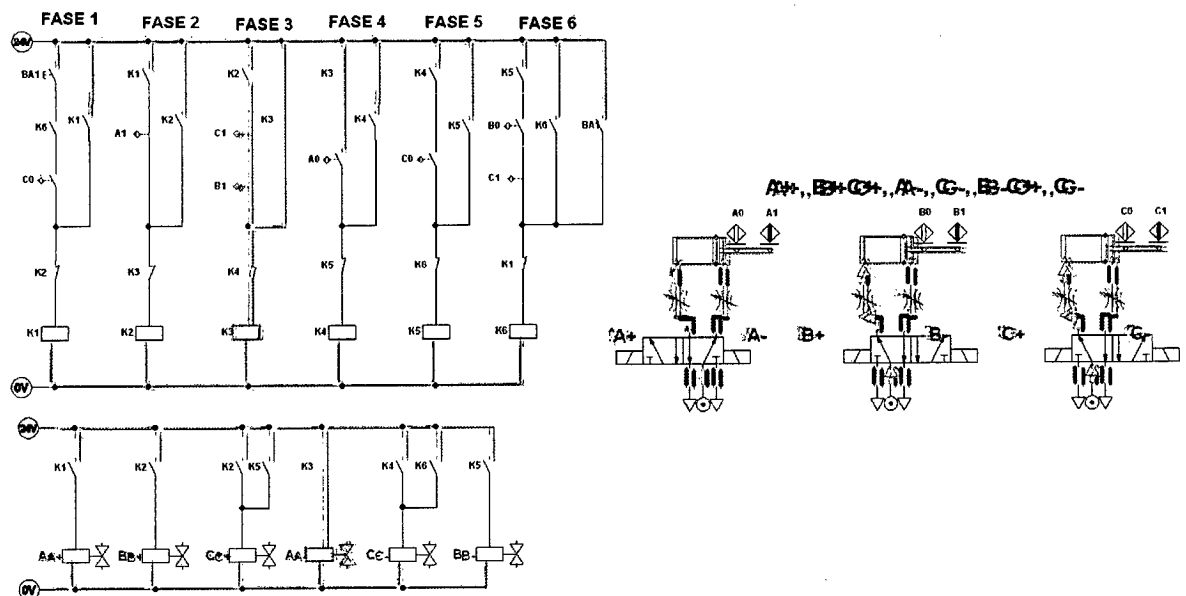


Figura 3.2.1.3-4. Simulación del sistema.

3.2.1.3.9 Conclusiones.

- La aplicación de metodologías como el método paso a paso permiten que la secuencia de operaciones se incremente sin dificultades.
- La ventaja que representa el enclave es que de esta manera basta con dar un pulso para enviar una señal eléctrica y no hace falta mantener presionado la señal de mando.
- Una fase es activada por la fase anterior y desactivada por la siguiente asegurando que en cada momento este activo solamente un relé.

3.2.1.3.10 Cuestionario.

- **¿Por qué se conectan contactos NC de los relés siguientes a la fase actual?**
Se conectan en serie a las fases actuales para que en el siguiente paso se rompa el enclave del relevador y se evite el cruce de señales en la electroválvula.
- **¿Qué función cumplen los sensores en la secuencia electroneumática?**
Los sensores son los componentes del circuito encargados de enviar la señal eléctrica para continuar con la siguiente fase de la secuencia.
- **¿Por qué se realizan los enclaves de relevadores?**
El enclavamiento funciona como un circuito de memoria, que permite mantener un estado aunque cese la acción que la produjo.

3.2.1.4 Laboratorio IV.

3.2.1.4.1 Título.

SECUENCIA A+ B+ , A- , B- , B+ , A+ , A- B- , UTILIZANDO EL METODO SECUENCIAL

3.2.1.4.2 Objetivos.

- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema.
- Diseñar los esquemas neumático y eléctrico para la activación de dos cilindros de doble efecto usando electroválvulas biestable 5/2.
- Implementar y comprobar los esquemas neumáticos y eléctricos diseñados en un simulador.

3.2.1.4.3 Materiales.

- Software FluidSIM Neumática
- Cilindro de doble efecto (2)
- Electroválvula biestable 5/2 (2)
- Finales de carrera (4)
- Alimentación Neumática
- Silenciadores (4)
- Válvula reguladora de caudal (4)
- Solenoide (4)
- Pulsador NA (1)
- Pulsador NC (1)
- Relevadores (6)

3.2.1.4.4 Procedimiento.

1. Diseñar los esquemas de control neumático y eléctrico en FluidSIM.
2. Conectar los elementos del circuito de control y potencia.
3. Comprobar los esquemas neumáticos y eléctricos diseñados en un simulador.
4. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.4.5 Descripción.

En condiciones iniciales C.I los cilindros de doble efecto A y B se encuentran retraídos. Iniciamos el diseño conectando el botón de arranque BA en serie con el botón de paro BP y el relé a enclavar K1. El primer movimiento a realizar es la salida de los dos cilindros, esto se logra con el primer enclave del relé K1 que excita la bobina A+ y B+. Al salir el vástago del cilindro A y B activan el sensor A1 y B1 respectivamente, estos provocan que salga el cilindro A regrese activando el relé K2. El relevador K2 excita el lado A- para que el cilindro regrese, no sin antes haber roto la conexión que energiza la bobina A+ conectando un contacto NC de K2 en serie a ésta bobina. El

segundo movimiento es el retorno del cilindro A que activa al sensor A0 y excita al relé K3. El tercer paso es que el cilindro B regrese, entonces los contactos de K3 deben activar al solenoide B- (contacto K3 NA) y desactivar al solenoide B+ (contacto K3 NC). El paso cuatro debe de extender el vástago del cilindro B, la señal que activa este paso es el regreso de B y por tanto activación del sensor B0. Para que el cilindro B se extienda se debe desactivar el solenoide B- y activar el solenoide B+ accionando así el sensor B1. El quinto paso lo activa el sensor B1 y consiste en que el cilindro A se extienda, para esto conectamos en paralelo, al contacto que rompió anteriormente la alimentación de la bobina A+, un contacto NA de K5. También debemos conectar un contacto NC de K5 en el solenoide A- para romper el paso de energía y evitar señales dobles en la electroválvula. El último paso es que los cilindros vuelvan a condiciones iniciales y se consigue rompiendo el primer enlace, desactivando las bobinas positivas de los dos cilindros y excitando las bobinas A- y B-.

FASES	CILINDRO A	CILINDRO B	SENSORES	MOVIMIENTO
0	←	←		C.I
1	→	→	a1, b1	A+ B+
2	←	→	a0	A-
3	←	←	b0	B-
4	←	→	b1	B+
5	→	→	a1	A+
6	←	←	a0, b0	A- B-

CONDICIONES DE CAMBIO

Figura 3.2.1.4-1. Condiciones de cambio del sistema.

La figura 3.2.1.4-1 nos ayuda a entender los movimientos del sistema así como la activación de solenoides y sensores en cada fase.

3.2.1.4.6 Esquema del circuito neumático.

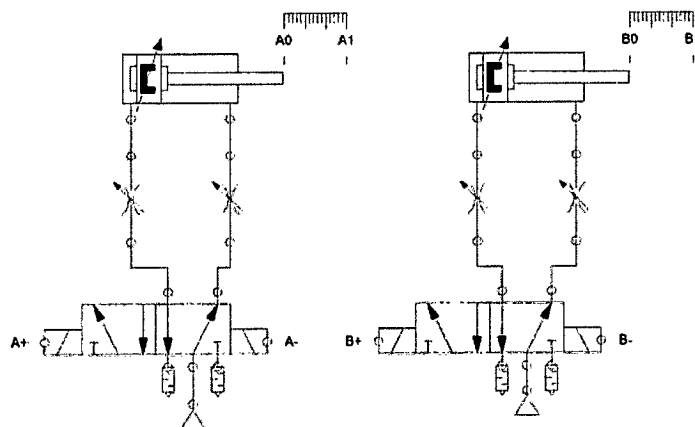


Figura 3.2.1.4-2. Circuito de potencia neumático.

3.2.1.4.7 Circuito de control.

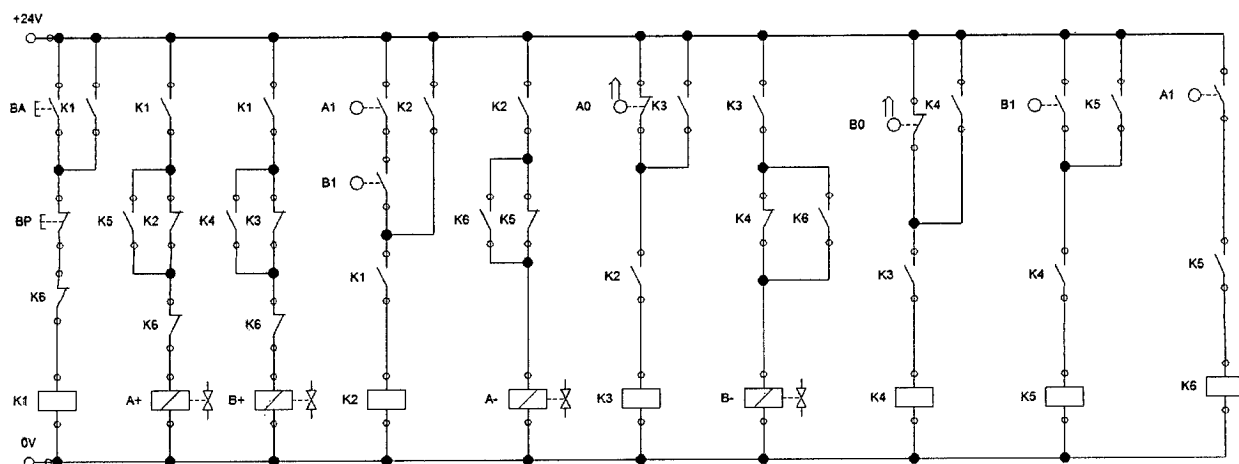


Figura 3.2.1.4-3. Esquema del circuito de control.

3.2.1.4.8 Simulación en FluidSIM.

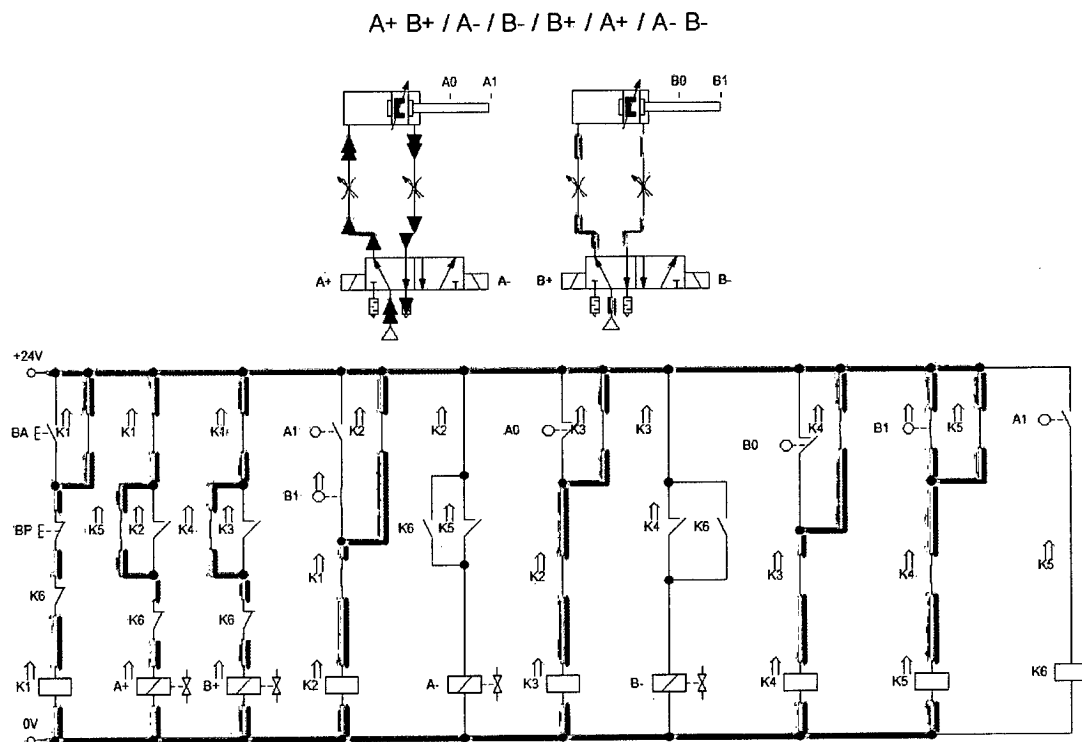


Figura 3.2.1.4-4. Simulación del sistema.

3.2.1.4.9 Conclusiones.

- Para desactivar un solenoide se conecta en serie con un contacto NC del relé en el paso en que se encuentren.
- Para volver a excitar un solenoide se conecta un contacto NA (del relé del paso actual) en paralelo con el contacto NC que lo desactivo anteriormente.
- Este método es mejor que todos los anteriores pues éstos rompen los enclaves para lograr la acción de desactivar cargas, pero este método se centra en la desactivación de las electroválvulas que controlan los cilindros.

3.2.1.4.10 Cuestionario.

- **¿Por qué el último paso no se enclava?**
No se realiza el enlace del último paso pues éste paso consiste en que el sistema se apague, rompiendo todos los enclaves de los relevadores.
- **¿Por qué en este método se desactivan cargas y no enclaves?**
Pues si desactivamos pasos (rompemos enclaves) cada paso anterior desactivará al siguiente y por consecuencia apagará relevadores que aún tienen órdenes de control que ejecutar.

3.2.1.5 Laboratorio V.

3.2.1.5.1 Título.

SECUENCIA A+, B+ A-, B- , C+, A+ B+, A-, B-, C- UTILIZANDO EL METODO SECUENCIAL

3.2.1.5.2 Objetivos.

- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para realizar la secuencia.
- Realizar la secuencia A+, B+ A-, B- , C+, A+ B+, A-, B-, C-, utilizando el método secuencial.
- Diseñar los esquemas neumático y eléctrico para realizar la secuencia.
- Comprobar el funcionamiento de los esquemas diseñados en el simulador.

3.2.1.5.3 Materiales.

- Software Automation Studio
- Cilindro de Doble efecto (3)
- Alimentación eléctrica 24 v
- Electroválvula biestable 5/2 (3)
- Sensor de proximidad (Final de Carrera) (6)
- Solenoide (6)
- Pulsador NA (1)
- Pulsador NC (1)
- Relevadores (8)
- Válvula reguladora de caudal (6)
- Alimentación Neumática

3.2.1.5.4 Procedimiento.

1. Seleccione los elementos necesarios para la construcción del circuito electroneumático.
2. Diseñe el circuito de control en Automation Studio que realice la secuencia deseada.
3. Diseñar los esquemas de control neumático en Automation Studio.
4. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
5. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.5.5 Descripción.

Para el inicio del sistema se necesita de un botón pulsador NA, que es quien energizará el relé K1 y éste a su vez se enclava y excita la electroválvula en el lado A+ para que pase el primer movimiento que es la salida del vástago del cilindro A. Para el paso número 2, se debe “preguntar” por el paso anterior y el sensor que activó este paso según la lógica de programación eléctrica. Se tendrá que activar un relé K2 para el segundo, conectado en serie con el contacto del paso anterior y el sensor a1. El relé K2 provoca el regreso del cilindro A y la salida de B. Los sensores que se activan al final del paso 2 son a0 y b1, y son quienes al estar en ese estado activan al relé

K3, y por tanto al tercer paso de la secuencia. El tercer paso se encarga de retraer al cilindro B y finaliza accionando el sensor b0. El cuarto paso y su relé K4 se activan con el sensor b0 y excitan al solenoide C+, haciendo que el cilindro C se extienda y active el sensor c1. Los pasos siguientes son activados por sus respectivos sensores y relevadores como hasta ahora.

La figura 3.2.1.5-1 nos ayuda a entender los movimientos del sistema así como la activación de solenoides y sensores en cada fase.

FASES	CILINDRO A	CILINDRO B	CILINDRO C	SENSORES	MOVIMIENTO
0	←	←	←		C.I
1	→	←	←	a1	A+
2	←	→	←	a0, b1	B+A-
3	←	←	←	b0	B-
4	←	←	→	c1	C+
5	→	→	→	a1, b1	A+B+
6	←	→	→	a0	A-
7	←	←	→	b0	B-
8	←	←	←	c0	C-

CONDICIONES DE CAMBIO

Figura 3.2.1.5-1. Condiciones de cambio del sistema.

3.2.1.5.6 Esquema del circuito neumático.

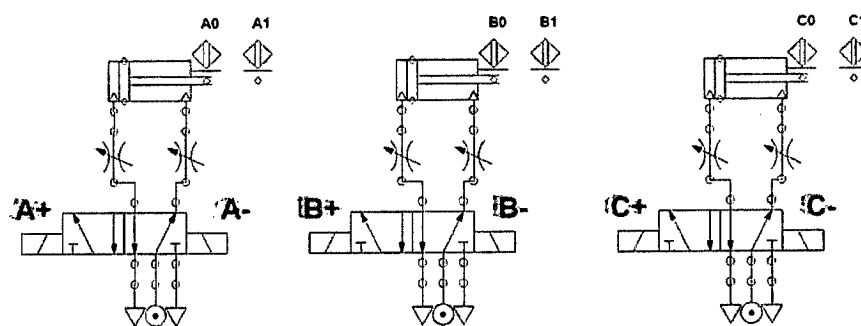


Figura 3.2.1.5-2. Esquema del circuito neumático.

3.2.1.5.7 Circuito de control.

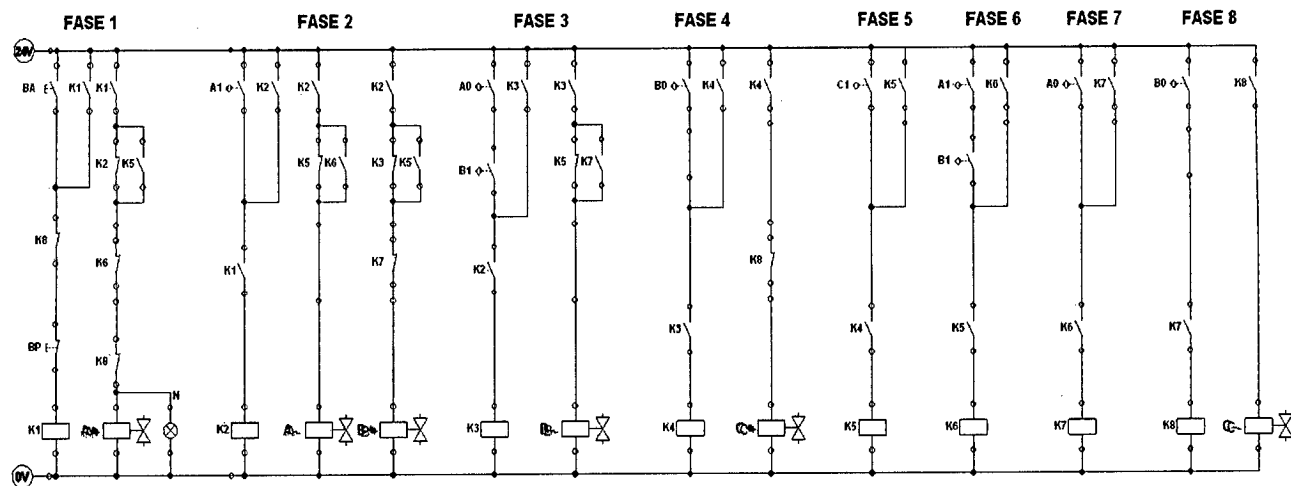


Figura 3.2.1.5-3. Esquema del circuito eléctrico.

3.2.1.5.8 Simulación en Automation Studio.

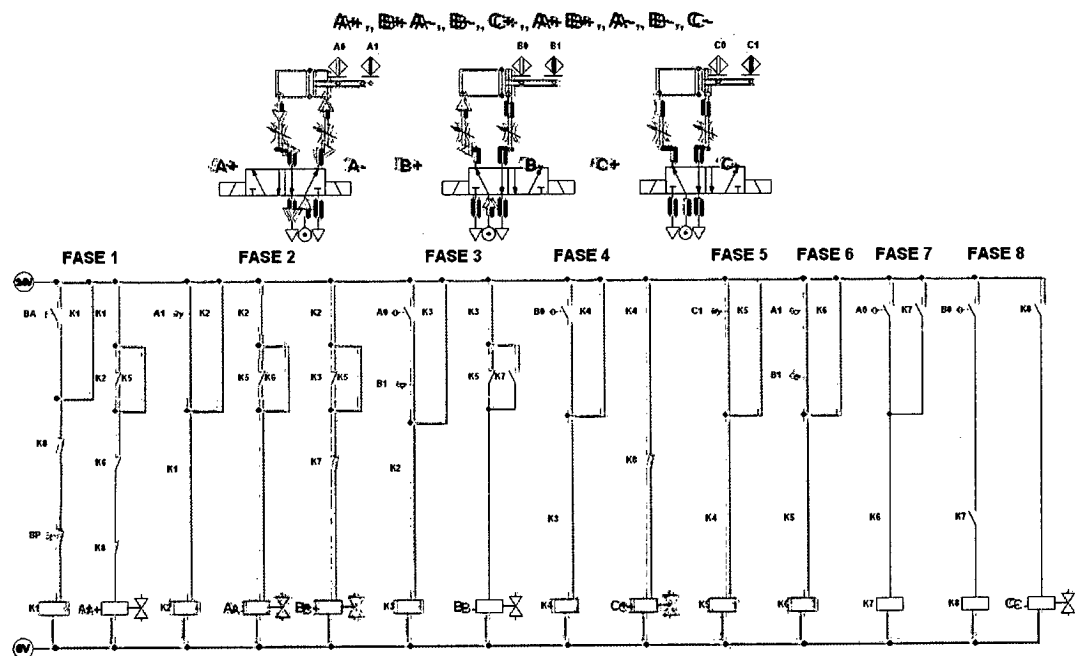


Figura 3.2.1.5-4. Simulación del sistema.

3.2.1.5.9 Conclusiones.

- Como las válvulas son biestables, para el retorno de un cilindro se debe desactivar la bobina del lado que provoca el avance. Entonces para hacer retornar un cilindro desactivamos la bobina de avance y excitamos el lado opuesto.
- Los sensores son usados como las señales que activan cada paso.
- En este método cada relevador se encarga de realizar un paso.

3.2.1.5.10 Cuestionario.

- **¿Cuál es la característica principal del método secuencial?**
Este método se caracteriza por el uso de enclaves de relevadores como memorias de los pasos, por cada fase se tendrá un relevador para el enclave y cada contacto de relevador realiza el enclave del mismo.
- **¿Qué función cumplen los sensores en la secuencia electroneumática?**
De acuerdo a la lógica, cumplen la función de sincronía del sistema pues nos aseguramos que siga el orden de los pasos.
- **¿Cómo se apaga la secuencia para volver a ejecutar los movimientos?**
Para apagar el sistema se debe romper todos los enclaves de los relevadores, esto se consigue conectando un contacto NC en serie al primer relé y ya que cada paso depende del anterior, al apagar el primer paso apagamos el segundo y así sucesivamente.

3.2.1.6 Laboratorio VI.

3.2.1.6.1 Título.

SECUENCIA A+, B+, A-, C+, B-, C-, UTILIZANDO LENGUAJE LADDER

3.2.1.6.2 Objetivos.

- Ejecutar los movimientos A+, B+, A-, C+, B-, C- de los tres cilindros utilizando el método secuencial.
- Identificar los elementos y herramientas electroneumáticas necesarias para realizar la secuencia A+, B+, A-, C+, B-, C- con el método secuencial.
- Implementar y realizar la simulación del esquema neumático y eléctrico para la secuencia A+, B+, A-, C+, B-, C- diseñada en un simulador (Automation Studio).
- Verificar el buen funcionamiento de la secuencia A+, B+, A-, C+, B-, C-.

3.2.1.6.3 Materiales.

- Software Automation Studio
- Cilindro de Doble efecto (3)
- Alimentación eléctrica 24 v
- Electroválvula biestable 5/2 (3)
- Sensor de proximidad (Final de Carrera) (6)
- Solenoide (6)
- Pulsador NA (3)
- Válvula reguladora de caudal (6)
- Alimentación Neumática

3.2.1.6.4 Procedimiento.

1. Configurar el circuito de potencia en Automation Studio.
2. Programar el circuito de control en Automation Estudio.
3. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
4. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.6.5 Descripción.

Para controlar los tres cilindros de doble efecto, A, B y C, mediante electroválvulas biestables se requiere cuatro sensores, denominados esquemáticamente: a0, a1, b0, b1, c0 y c1 para detectar la salida y retracción del movimiento de los vástagos y activar las fases de la secuencia requerida. Se tienen tres pulsadores para dar inicio, detener y reiniciar el sistema. Para el control de las electroválvulas se excitan solenoides que son las salidas del proceso.

A continuación se presenta la tabla 3.2.1.6-1 con la relación de entradas y salidas del proceso para el control mediante PLC.

ENTRADAS		SALIDAS	
I:0/0	START	O:0/0	A+
I:0/8	STOP	O:0/1	A-
I:0/10	RST	O:0/2	B+
I:0/1	a0	O:0/3	B-
I:0/2	a1	O:0/4	C+
I:0/3	b0	O:0/5	C-
I:0/4	b1		
I:0/5	c0		
I:0/6	c1		

Tabla 3.2.1.6-1. Entradas y salidas del proceso.

Desde la pantalla de diseño del simulador pulsar el botón START, que hace al solenoide A+ excitarse, de esta manera se produce la extensión del cilindro A y el accionamiento del sensor de posición a1, el mismo que permite seguir la secuencia y la activación del solenoide B+, y como resultado el cilindro B se extiende. Cuando el cilindro B alcance su posición de adelante accionará el sensor b1, éste guía la activación del solenoide A- y por tanto la retracción del cilindro A. Esta retracción activa el sensor a0 y excita el solenoide C+ de la electroválvula provocando la extensión del vástago. Cuando el vástago del cilindro C llegue a su posición final accionará el sensor c1 para que éste a su vez haga retornar al cilindro B. La última acción es la activación del sensor b0 y por ende el regreso del cilindro C, con esto finaliza la secuencia electroneumática.

3.2.1.6.6 Esquema del circuito neumático.

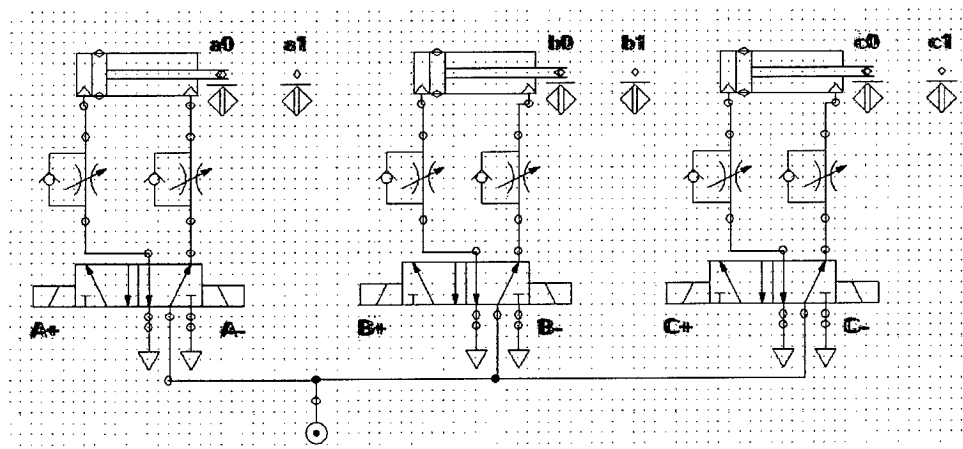


Figura 3.2.1.6-1. Circuito neumático de la secuencia.

3.2.1.6.7 Diagrama de control.

Se presenta la solución propuesta para el control de la secuencia utilizando el lenguaje de programación ladder.

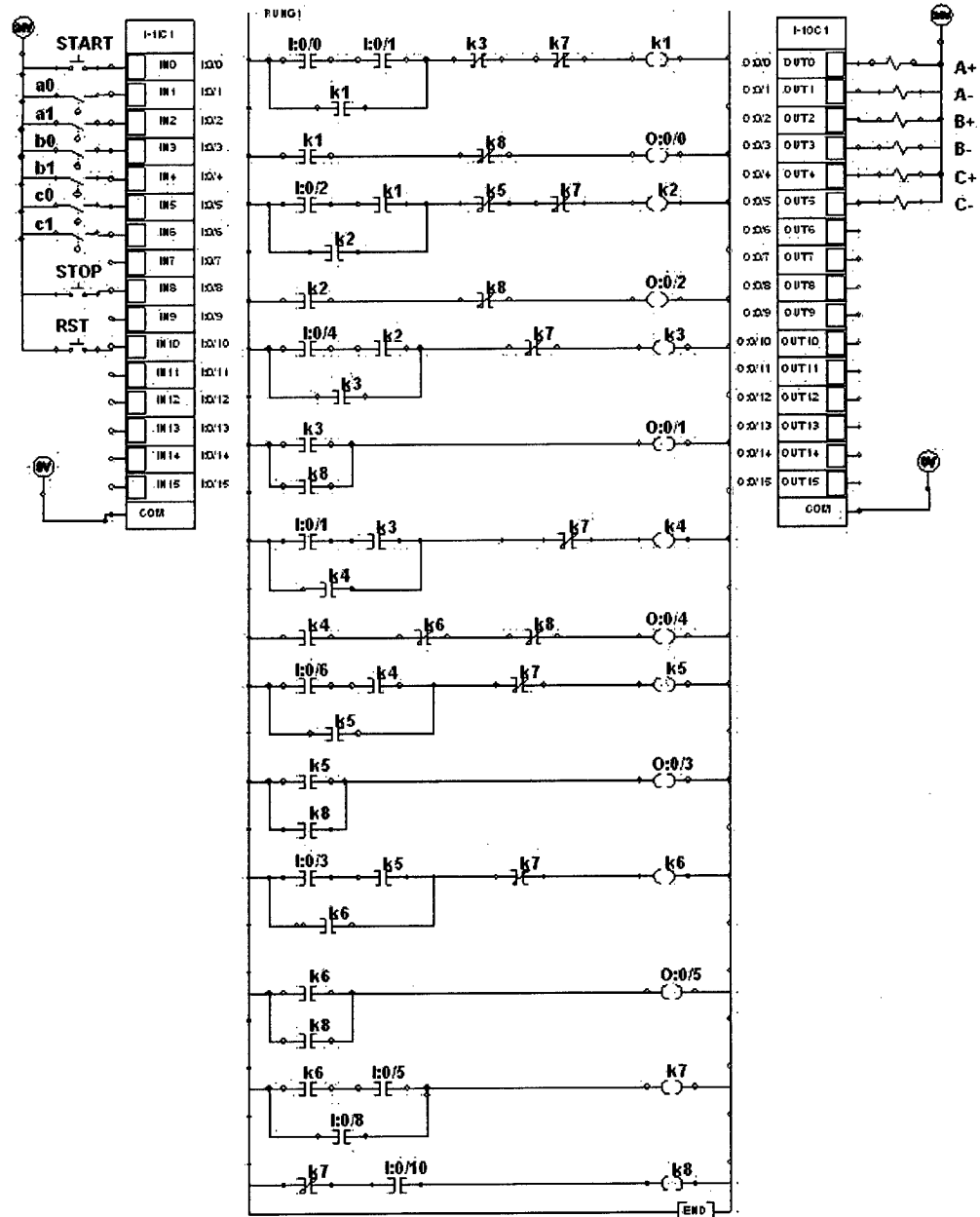


Figura 3.2.1.6-2. Diagrama ladder de la secuencia.

3.2.1.6.8 Simulación en Automation Studio.

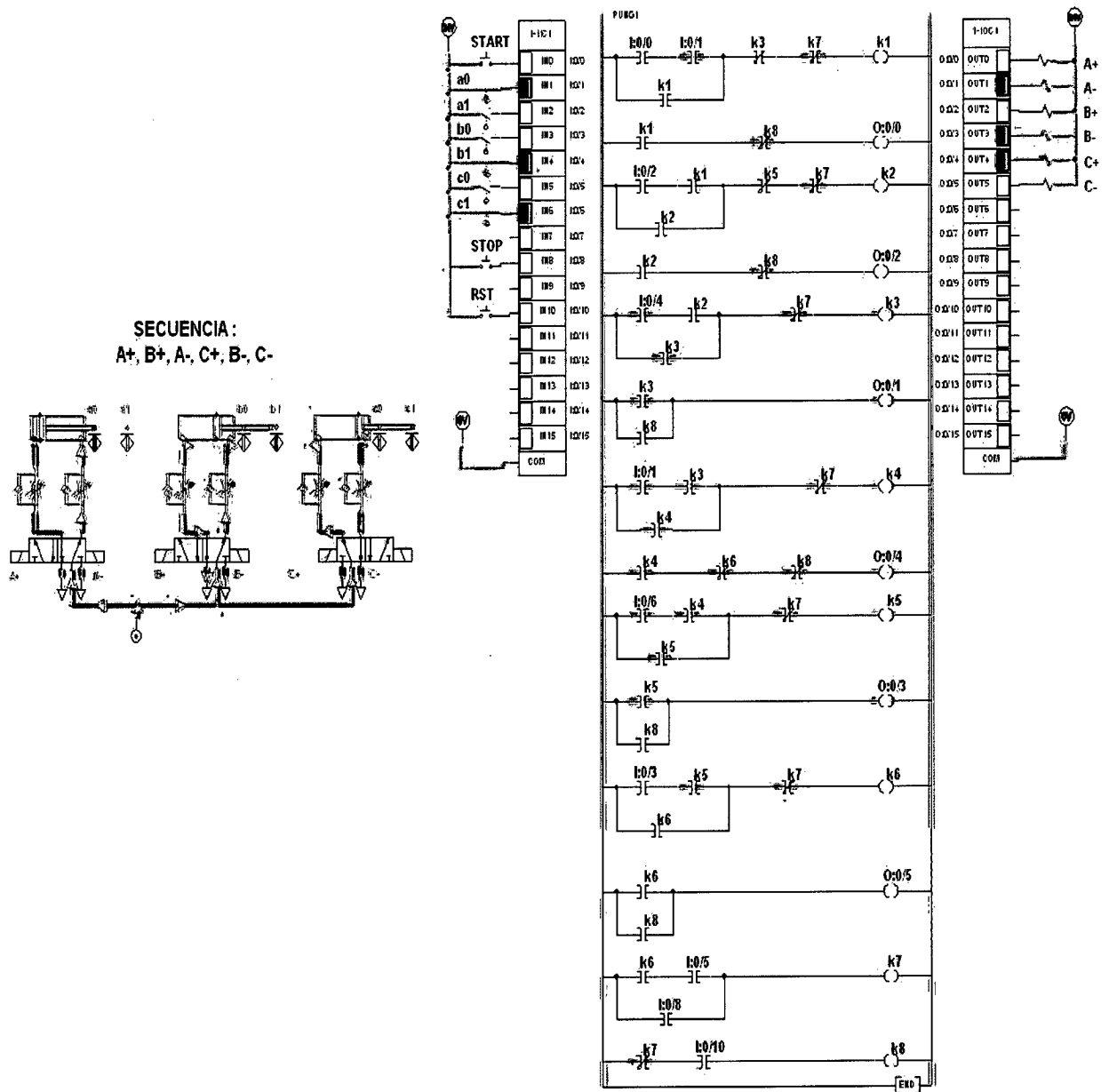


Figura 3.2.1.6-3. Simulación del sistema.

3.2.1.6.9 Conclusiones.

- Es importante ubicar en el lugar correcto los sensores para que el movimiento del vástago los pueda activar y obtener la secuencia deseada.
- Se comprobó el buen funcionamiento de la simulación estableciendo las conexiones necesarias para los movimientos de la secuencia usando el lenguaje de programación ladder.
- Se debe romper los enclaves de cada paso para que la secuencia pueda iniciar nuevamente.
- Para observar mejor cada paso debemos usar reguladores de caudal en el circuito neumático.
- La simplicidad del método de programación en lenguaje de escalera representa una ventaja sobre los demás métodos que tienen falencias en el control doble.

3.2.1.6.10 Cuestionario.

- **¿Qué función cumplen los sensores en la secuencia electroneumática?**
Los sensores son los componentes del circuito encargados de enviar la señal eléctrica para continuar con la siguiente parte de la secuencia.
- **¿La secuencia presentada es cíclica en esta práctica?**
No, la secuencia de tres cilindros no es cíclica, para repetir los movimientos se debe presionar el botón START.
- **¿Qué diferencia al método de programación en lenguaje ladder de los métodos anteriores?**
Se diferencia en que al igual que el método secuencial desactiva cargas y no pasos, es decir no rompe enclaves.

3.2.1.7 Laboratorio VII.

3.2.1.7.1 Título.

SECUENCIA CICLICA A+, TMP1, B+, B- MOTOR, CNT, A-, TMP2, MOTOR, TMP3 UTILIZANDO LENGUAJE LADDER

3.2.1.7.2 Objetivos.

- Seleccione los elementos necesarios para la construcción del circuito neumático y la correcta conexión al PLC de entradas y salidas.
- Ejecutar las acciones A+, TMP1, B+, B- MOTOR, CNT, A-, TMP2, MOTOR, TMP3 de los cilindros y motor utilizando el método de programación ladder.
- Hacer uso de contadores y temporizadores en el control de la secuencia.
- Comprobar y realizar la simulación de la secuencia deseada.
- Desarrollar la capacidad de operar y resolver una secuencia electroneumática con el lenguaje de programación ladder.

3.2.1.7.3 Materiales.

- Software Automation Studio
- Cilindro de Doble efecto (1)
- Cilindro de simple efecto (1)
- Alimentación eléctrica 24 v
- Electroválvula biestable 5/2 (1)
- Electroválvula de 5/2, retorno por resorte (1)
- Sensor de proximidad (Final de Carrera) (1)
- Solenoide (3)
- Pulsador NA (3)
- Válvula reguladora de caudal (4)
- Alimentación Neumática

3.2.1.7.4 Procedimiento.

1. Seleccione los elementos necesarios para la construcción del circuito neumático de la secuencia.
2. Diseñe el diagrama de control que realice la secuencia deseada.
3. Simule la secuencia, observe el comportamiento del sistema y evalúe posibles errores en la programación.
4. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.7.5 Descripción.

Operar el circuito (pulse el botón de arranque BA del sistema), éste pulsador activa al RELE1 y seguidamente se activa el solenoide A+, la maniobra anterior va a hacer que el cilindro A se extienda y al llegar a su posición final active al temporizador 1 (TON1), quien tiene un PRESET de 5 y un tiempo base de 1 segundo, es decir luego de activarse TON1 el tiempo meta a alcanzar es 5 segundos. Esto significa esperaremos 5 segundos para ejecutar el siguiente paso. Después de este tiempo, un contacto de TON1 activa el solenoide B+ extendiéndose el cilindro B y accionando al sensor b1, el cual excita la bobina B- y el cilindro B se contrae pero a la vez el sensor activa el encendido del MOTOR. Para que el siguiente paso ocurra se debe esperar que el contador (CTU) reciba la cuenta de tres pulsos provenientes de un pulsador (que representa el conteo de piezas de un sensor por ejemplo). Luego de contabilizar los pulsos un contacto de CTU activa el solenoide A- ocasionando que el cilindro A se contraiga. Luego se esperará 10 segundos de un temporizador 2 (TON2) para después detener el MOTOR. El sistema finaliza con la activación de un último temporizador (TON3) y la espera de 5 segundos para reiniciar la secuencia sin necesidad de presionar nuevamente el BA, ya que es un sistema cíclico.

A continuación se presenta la tabla 3.2.1.7-1 con la relación de entradas y salidas del proceso para el control mediante PLC.

ENTRADAS		SALIDAS	
I:0/0	BA	O:0/0	A+
I:0/2	BP	O:0/2	B+
I:0/4	PULSOS	O:0/4	B-
I:0/6	b1	O:0/6	MOTOR

Tabla 3.2.1.7-1. Entradas y salidas del proceso.

La siguiente tabla ayuda al diseño y comprensión de la secuencia.

FASES	CILINDRO A	CILINDRO B	MOTOR	SENSOR	MÓVIMIENTO
0	←	←		a0, b0	C.I
1	→	←		a1	A+
2	→	→		b1	B+
3	→	←	ENCENDIDO	b0	B-
4	←	←		a0	A-
5	←	←	APAGADO	a0, b0	C.I
6	CICLICO			a0, b0	C.I

Tabla 3.2.1.7-2. Condiciones de cambio y movimientos del sistema.

3.2.1.7.6 Esquema del circuito neumático.

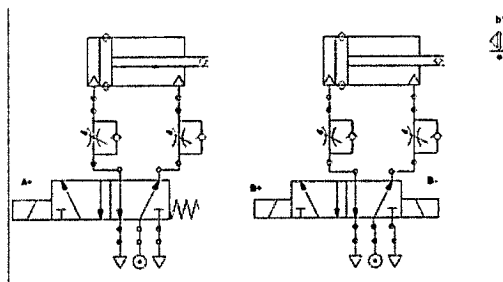


Figura 3.2.1.7-1. Circuito neumático de la secuencia.

3.2.1.7.7 Diagrama de control.

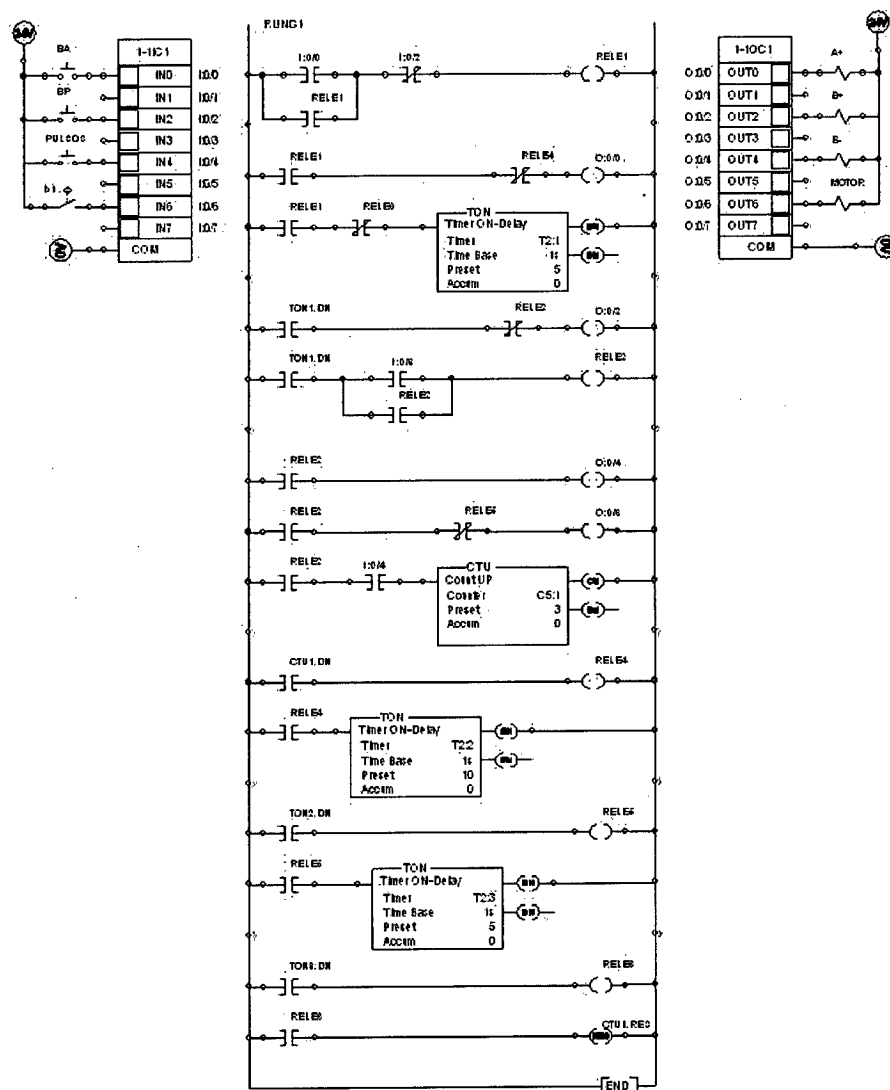


Figura 3.2.1.7-2. Diagrama ladder de la secuencia.

3.2.1.7.8 Simulación en Automation Studio.

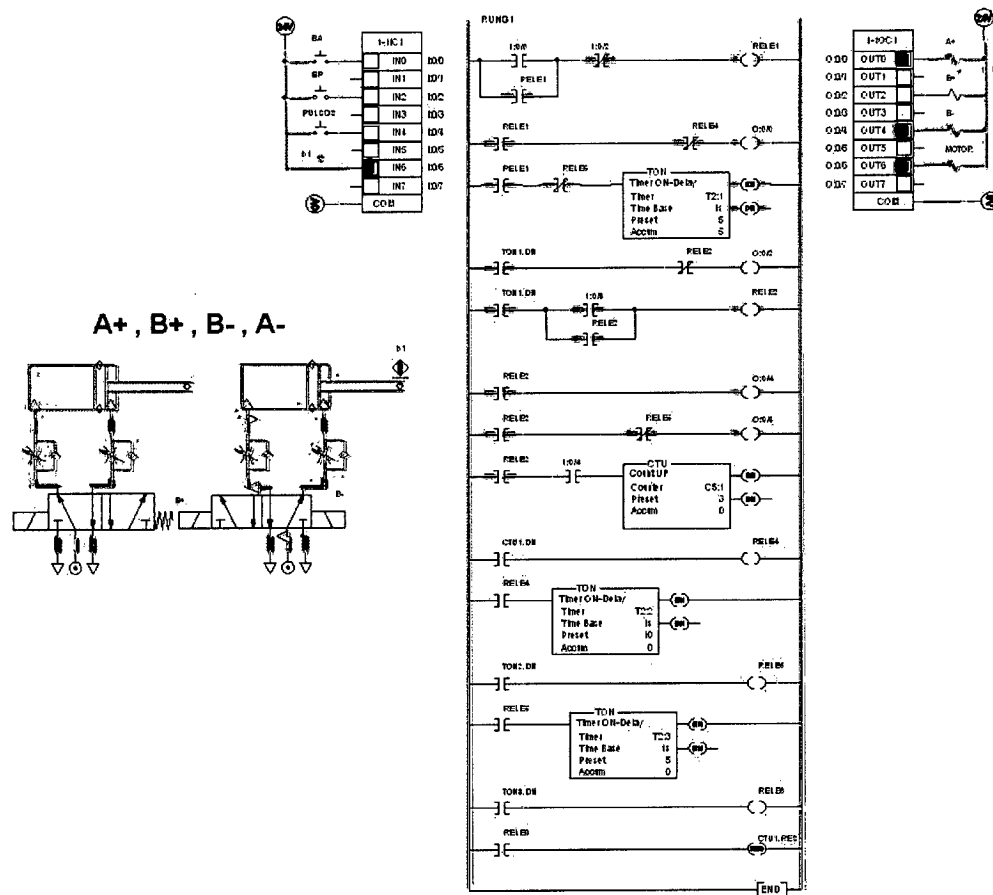


Figura 3.2.1.7-3. Simulación del sistema.

3.2.1.7.9 Conclusiones.

- Se deben reiniciar los contadores pues a diferencia de los temporizadores estos no se reinician al terminar su función.
- Para que el sistema sea continuo (cíclico) debemos reiniciar todo menos el sistema (el primer enlace), entonces rompemos todos los enlaces a excepción del primero.

3.2.1.7.10 Cuestionario.

- **¿La secuencia presentada es repetitiva en esta práctica?**
Si, la secuencia de los cilindros es repetitiva mientras se envíen los pulsos al contador.
- **¿Qué pasaría si el contador no es reiniciado al final del sistema?**
Al no reiniciar el contador, el sistema quedaría interrumpido en las siguientes acciones o pasos.
- **¿Es recomendable usar un sensor para la salida del cilindro A?**
Si, para verificar que realizó su recorrido y utilizarlo para la activación del siguiente paso.

3.2.1.8 Laboratorio VIII.

3.2.1.8.1 Título.

SECUENCIA A+, B+, A-, B-, A+B+, A-B- UTILIZANDO LENGUAJE LADDER

3.2.1.8.2 Objetivos.

- Seleccione los elementos necesarios para la construcción del circuito neumático y la correcta conexión al PLC de entradas y salidas.
- Resolver la secuencia electroneumática con el lenguaje de programación ladder haciendo uso de software.
- Comprobar y realizar la simulación de la secuencia deseada.

3.2.1.8.3 Materiales.

- Software FluidSIM Neumática
- Software CODESYS
- Cilindro de Doble efecto (2)
- Alimentación eléctrica 24 v
- Electroválvula biestable 5/2 (2)
- Final de Carrera (4)
- Solenoide (4)
- Pulsador NA (2)
- Contactos (para finales de carrera) (4)
- Válvula reguladora de caudal (4)
- Alimentación Neumática
- Módulo de entradas (1)
- Módulo de salidas (1)

3.2.1.8.4 Procedimiento.

1. Crear el proyecto de lenguaje ladder en CODESYS.
2. Crear las variables de entradas y salidas, y sus respectivos módulos en el proyecto.
3. Desarrollar la solución de la secuencia en lenguaje ladder del proyecto.
4. Crear los parámetros de comunicación en CODESYS.
5. Configurar el circuito de potencia y las conexiones de los módulos de entradas y salidas en FluidSIM.
6. Abrir el configurador de comunicación OPC de CODESYS.
7. Configurar los módulos de entradas y salidas en FluidSIM y relacionarlos con los de CODESYS
8. Abrir el PLC virtual de CODESYS y cargar el proyecto
9. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
10. Realizar las conclusiones de la práctica.

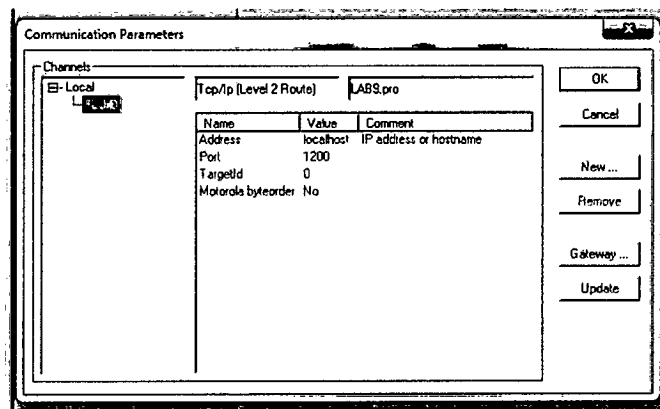


Figura 3.2.1.8-1. Selección de canal de comunicación.

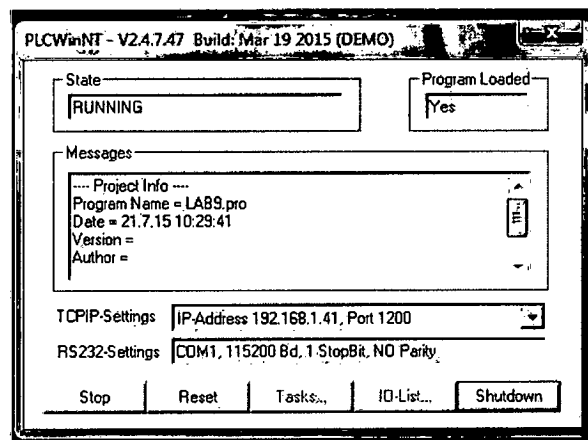


Figura 3.2.1.8-2. Cargar el programa en el PLC virtual.

3.2.1.8.5 Descripción.

Pulsando el botón de arranque BA se activa relé interno o marca R1 y se enclava así el primer paso. R1 debe activar a la carga Y1 (OUT.0) que en nuestra conexión de FluidSIM es el solenoide A+, provocando la salida del cilindro A. La activación anterior activa el sensor A1 (IN.3) y dispara el segundo paso activando R2 y enclavándolo. R2 activa a Y3 (OUT.2) que es B+ en FluidSIM, con esto el cilindro B se extiende y acciona a B1. El tercer paso es la activación y enclavamiento de R3 accionado por B1. R3 activa a Y2 (OUT.1) que es A- en FluidSIM logrando que el vástago de A regrese a su posición inicial y accionando a A0. R4 es activado y enclavado por medio de A0, y es el relevador que energiza a Y4 (OUT.3) que es B- en FluidSIM, así el cilindro B se contrae activando a B0. El relevador R5 es activado y enclavado por el sensor anterior y es quien devuelve la energía a los solenoides A+ y B+, rompiendo simultáneamente la energía de las cargas A- y B-. El paso siguiente es el retorno de los cilindros y lo realiza el relé R6 de forma inversa a como lo hizo el relé R5. El último paso se activa con el retorno de los cilindros mediante el paso anterior, y este paso es quien debe romper todos los enclaves y devolver al sistema a condiciones iniciales.

La figura 3.2.1.8-3 representa la distribución de las entradas y salidas que nos ayuda a entender la descripción de funcionamiento.

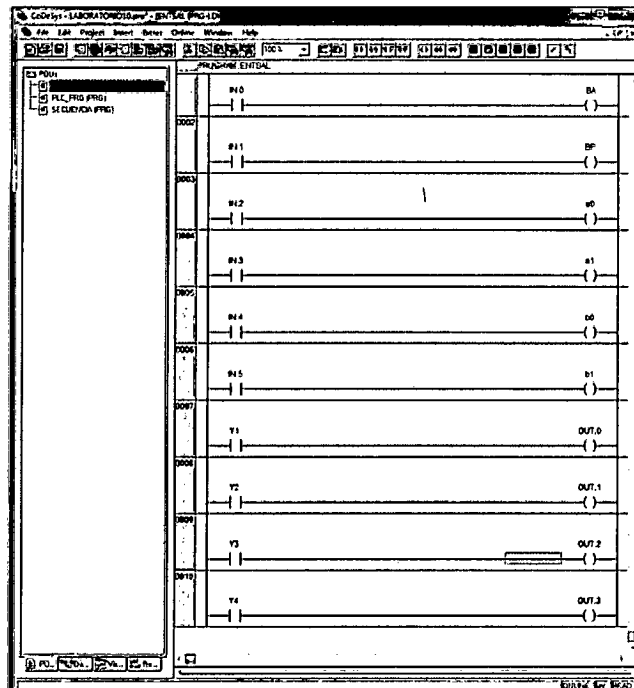


Figura 3.2.1.8-3. Entradas y salidas del sistema.

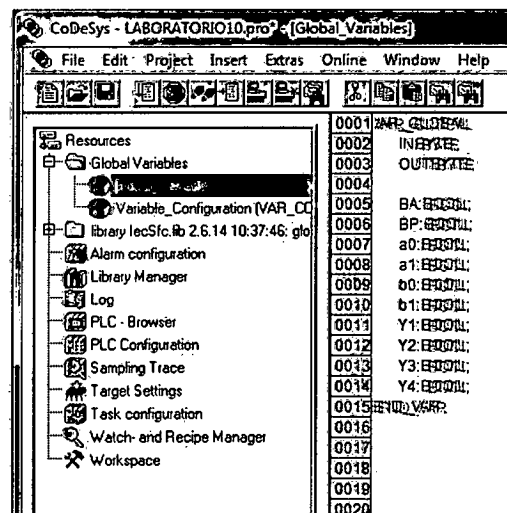


Figura 3.2.1.8-4. Declaración de módulos para comunicación con FluidSIM.

3.2.1.8.6 Esquema del circuito neumático.

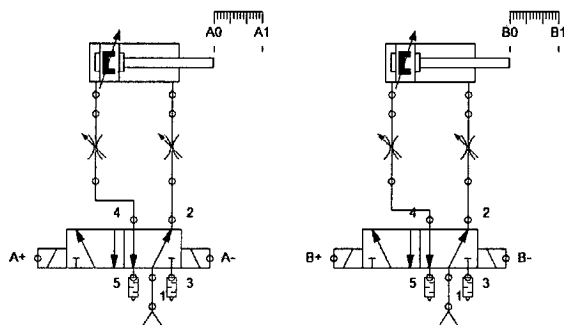


Figura 3.2.1.8-5. Circuito de potencia de la secuencia.

3.2.1.8.7 Diagrama y programación de control.

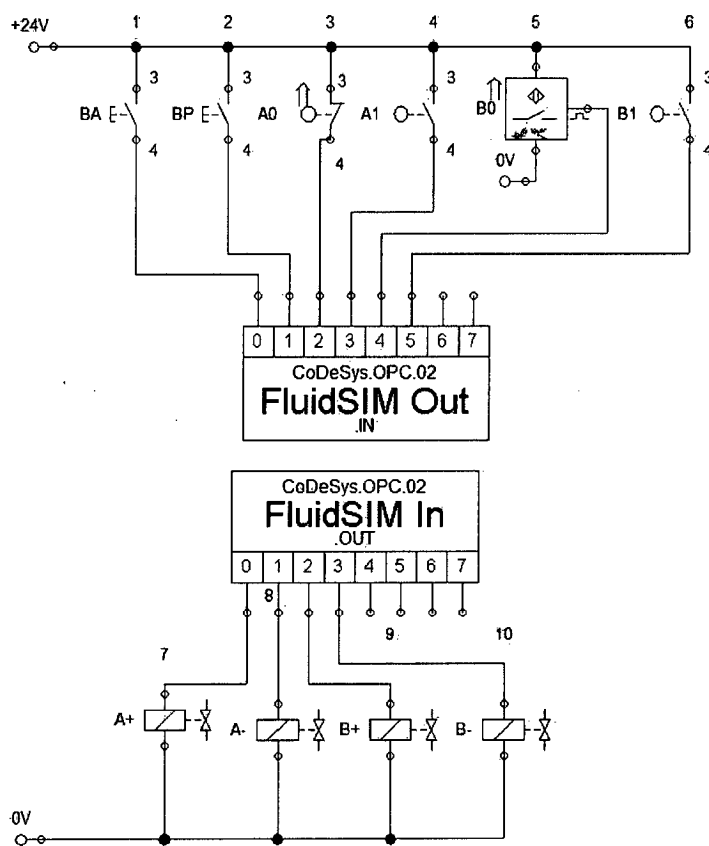


Figura 3.2.1.8-6. Conexión de entradas y salidas del PLC.

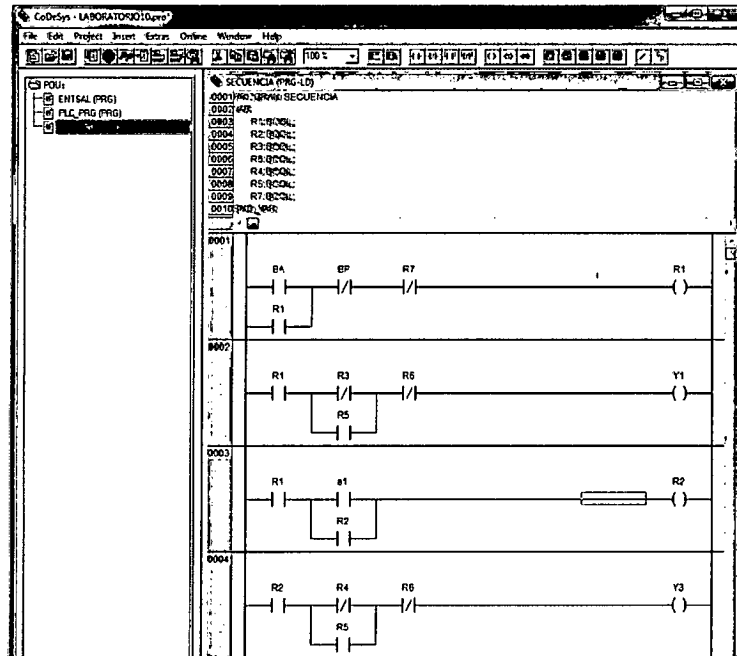


Figura 3.2.1.8-7a. Programación en CODESYS.

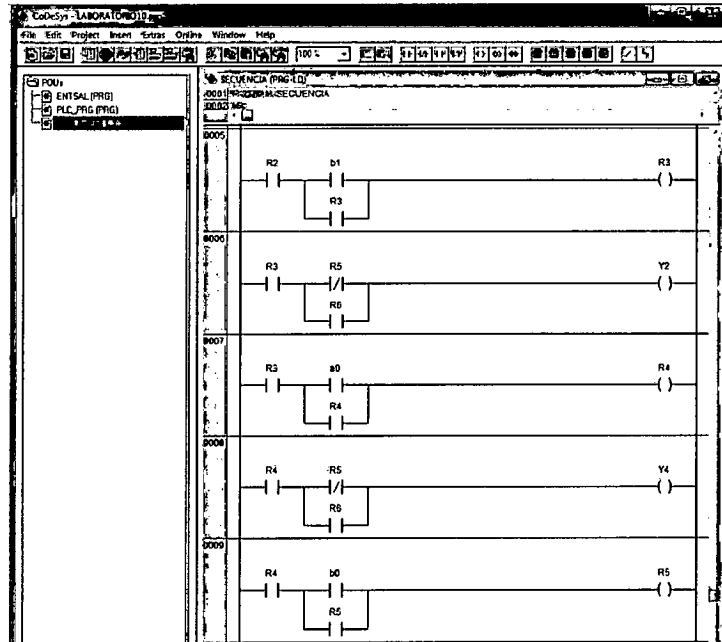


Figura 3.2.1.8-7b. Programación en CODESYS.

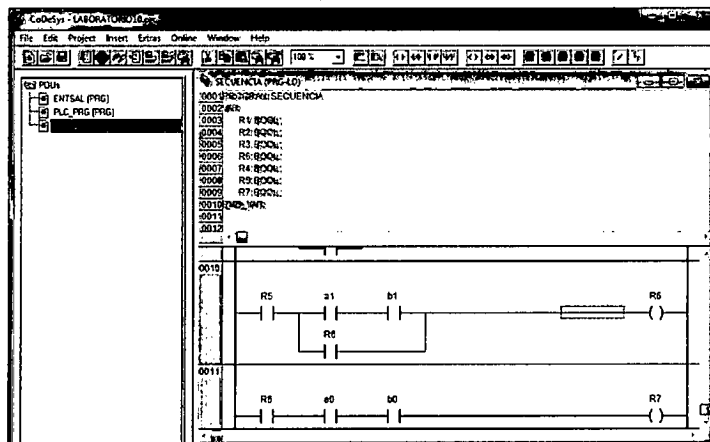


Figura 3.2.1.8-7c. Programación en CODESYS.

3.2.1.8.8 Simulación en FluidSIM y CODESYS.

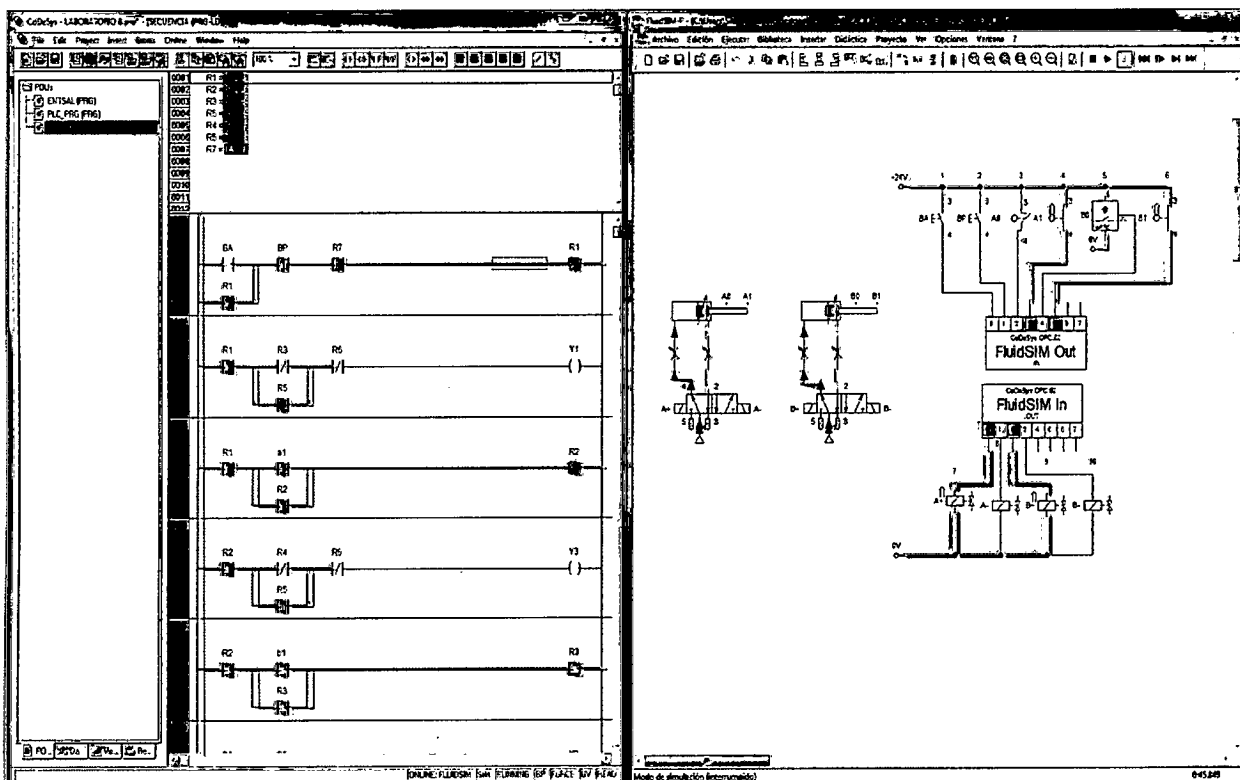


Figura 3.2.1.8-8. Simulación de la secuencia planteada.

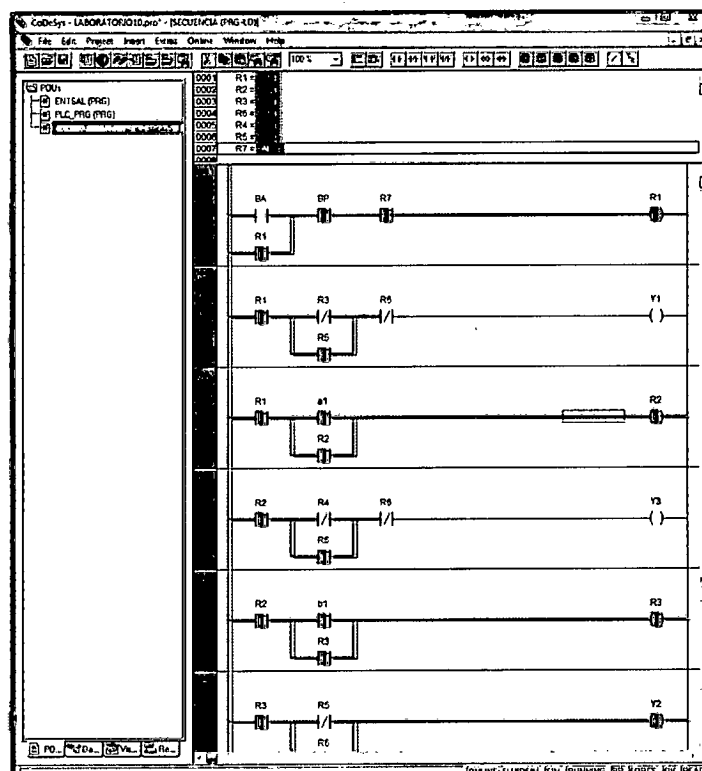


Figura 3.2.1.8-9. Simulación en CODESYS.

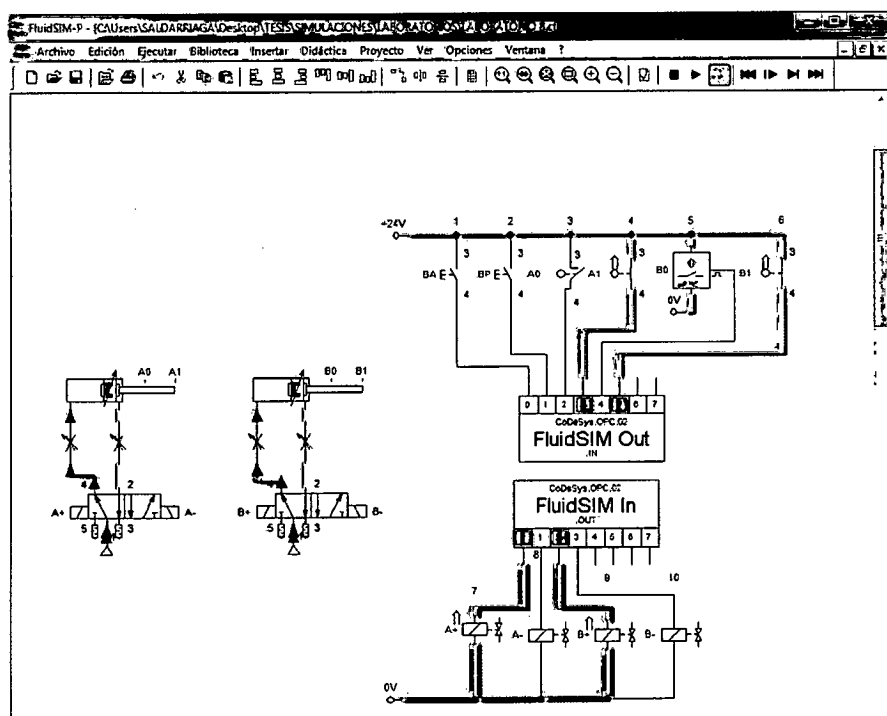


Figura 3.2.1.8-10. Simulación en FluidSIM.

3.2.1.8.9 Conclusiones.

- Las cargas se deben activar con relevadores internos, no con condiciones de cambio como lo son los botones pulsadores y los sensores.
- La integración de los software CODESYS y FluidSIM se ejecutó satisfactoriamente.
- Se comprobó el buen funcionamiento de la simulación estableciendo las conexiones necesarias para los movimientos de la secuencia usando el lenguaje de programación ladder.

3.2.1.8.10 Cuestionario.

- **¿Por qué no se produce conflicto de señales en las válvulas?**

Para que suceda esto, cuando activamos un solenoide con un contacto de un relé interno, con otro contacto NC de mismo relé desactivamos la carga (solenoide del otro lado de la electroválvula) anteriormente activada.

- **¿Qué diferencia al método de programación en lenguaje ladder de los métodos anteriores?**

Se diferencia en que al igual que el método secuencial desactiva cargas y no pasos, es decir no rompe enclaves.

3.2.1.9 Laboratorio IX.

3.2.1.9.1 Título.

SECUENCIA A+, B+, B-, TMP1, C+, D+, D-, TMP2, C-, A- UTILIZANDO LENGUAJE LADDER

3.2.1.9.2 Objetivos.

- Seleccione los elementos necesarios para la construcción del circuito neumático y la correcta conexión al PLC de entradas y salidas.
- Resolver la secuencia electroneumática con el lenguaje de programación ladder haciendo uso de software.
- Programar temporizadores en el control de la secuencia según la pausa de tiempo que se desee.
- Verificar la solución de la secuencia en los simuladores.

3.2.1.9.3 Materiales.

- Software FluidSIM Neumática
- Software CODESYS
- Cilindro de Doble efecto (4)
- Alimentación eléctrica 24 v
- Electroválvula biestable 5/2 (4)
- Final de Carrera (8)
- Solenoide (8)
- Pulsador NA (2)
- Contactos (para finales de carrera) (8)
- Válvula reguladora de caudal (8)
- Alimentación Neumática
- Módulo de entradas (2)
- Módulo de salidas (1)

3.2.1.9.4 Procedimiento.

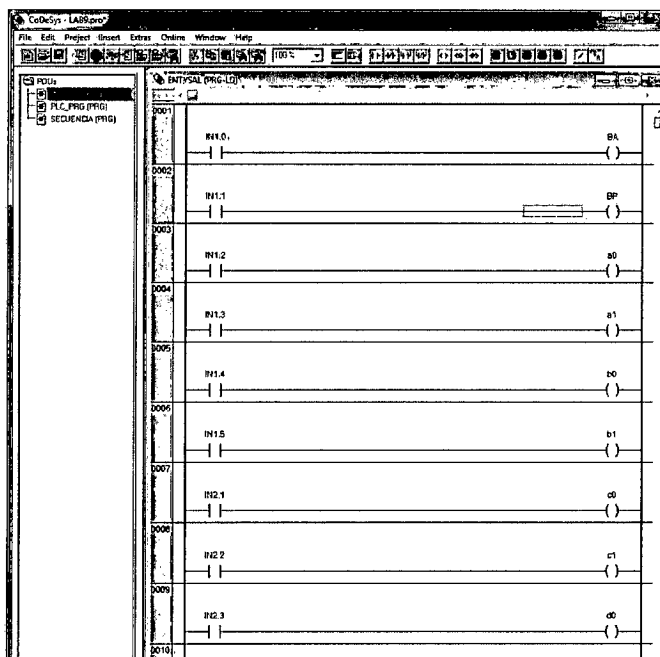
1. Crear el proyecto de lenguaje ladder en CODESYS.
2. Crear las variables de entradas y salidas, y sus respectivos módulos en el proyecto.
3. Desarrollar la solución de la secuencia en lenguaje ladder del proyecto.
4. Crear los parámetros de comunicación en CODESYS.
5. Configurar el circuito de potencia y las conexiones de los módulos de entradas y salidas en FluidSIM.
6. Abrir el configurador de comunicación OPC de CODESYS.
7. Configurar los módulos de entradas y salidas en FluidSIM y relacionarlos con los de CODESYS
8. Abrir el PLC virtual de CODESYS y cargar el proyecto.

9. Ejecutar la simulación y verificar su funcionamiento.
10. Realizar las conclusiones de la práctica.

3.2.1.9.5 Descripción.

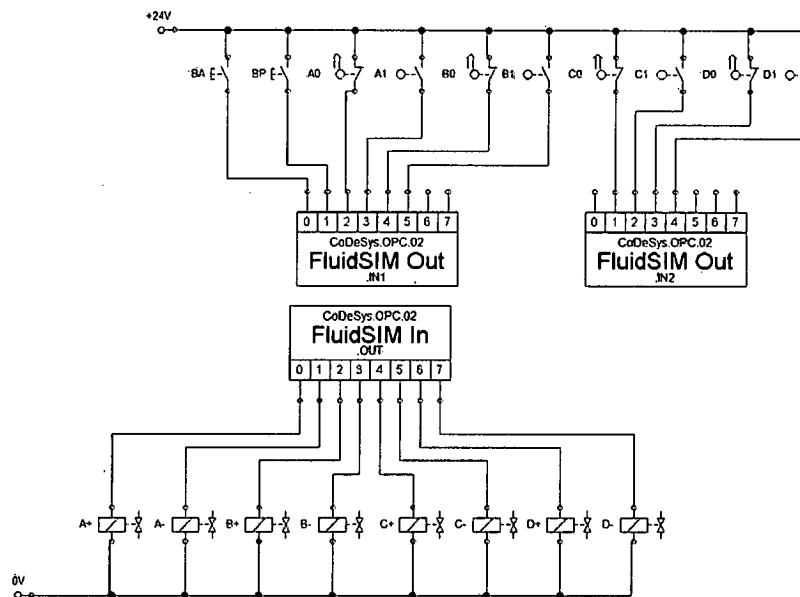
Pulsando el botón de arranque BA se activa relé interno o marca K1 y se enclava así el primer paso. K1 debe activar a la carga Y1 (OUT.0) que en nuestra conexión de FluidSIM es el solenoide A+, provocando la salida del cilindro A. La activación anterior activa el sensor A1 (IN1.3) y dispara el segundo paso activando K2 y enclavándolo. K2 activa a Y3 (OUT.2) que es B+ en FluidSIM, con esto el cilindro B se extiende y acciona a B1. El tercer paso es la activación y enclavamiento de K3 accionado por B1. K3 activa a Y4 (OUT.3) que es B- en FluidSIM logrando que el vástago de B regrese a su posición inicial y accionando a B0. Luego se activa un temporizador de 5 segundos que al llegar a su tiempo preestablecido activa a T1. K4 es activado y enclavado por medio de T1, y es el relevador que energiza a Y5 (OUT.4) que es C+ en FluidSIM, así el cilindro C se extiende activando a C1. El relevador K5 es activado y enclavado por el sensor anterior y es quien excita la carga D+ expandiendo así el vástago del cilindro D. El paso anterior activa a K6, quien excita a D- y hacer retornar el cilindro D accionando así a D0. El sensor anterior activa un segundo temporizador de 3 segundos y pasado ese tiempo se activa T2. K7 es activado por T2, y es quien excita a C- retornando el cilindro C y accionando a C0. El sensor anterior dispara a K8 y éste activa el solenoide A-. El último paso se activa con el retorno del cilindro A mediante el paso anterior, y este paso es quien debe romper todos los enclaves y devolver al sistema a condiciones iniciales.

La figura 3.2.1.9-1 representa la distribución de las entradas y salidas que nos ayuda a entender la descripción de funcionamiento.

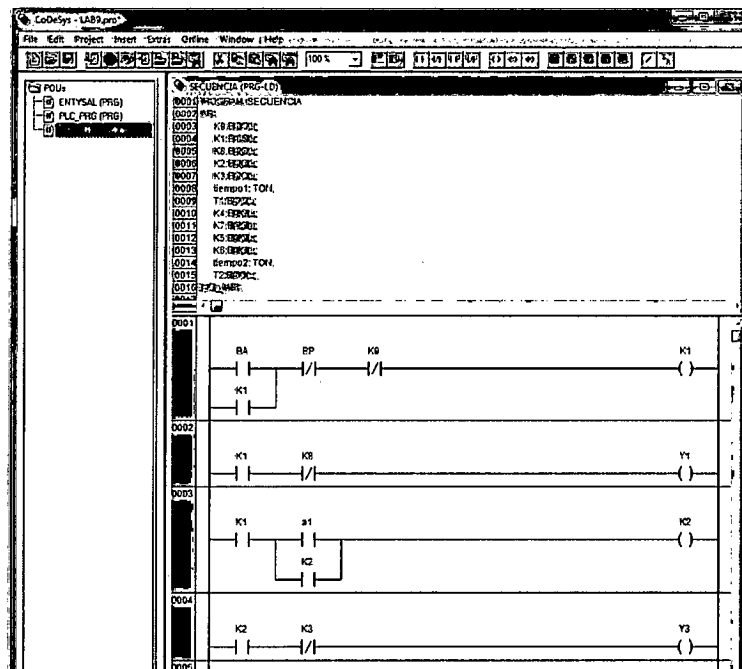


3.2.1.9-1a. Entradas y salidas del sistema.

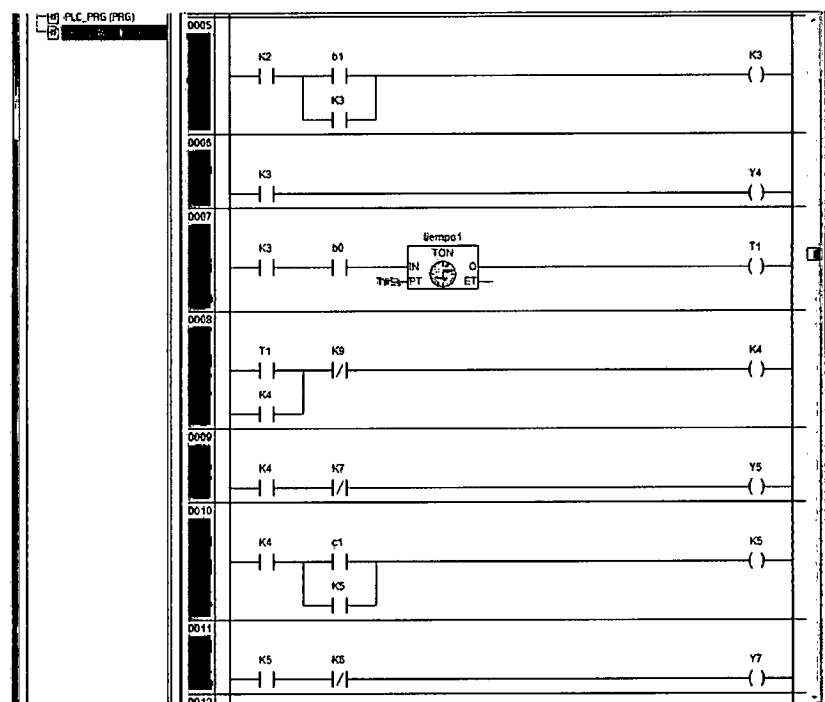
3.2.1.9.7 Diagrama y programación de control.



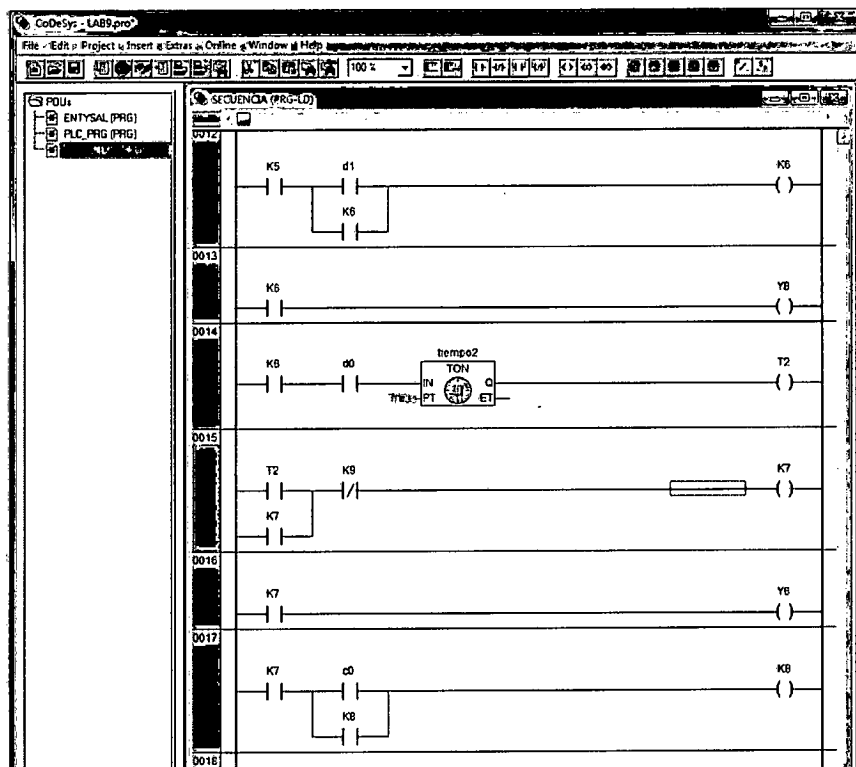
3.2.1.9-4. Conexión de entradas y salidas del PLC.



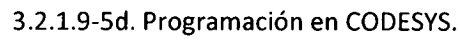
3.2.1.9-5a. Programación en CODESYS.



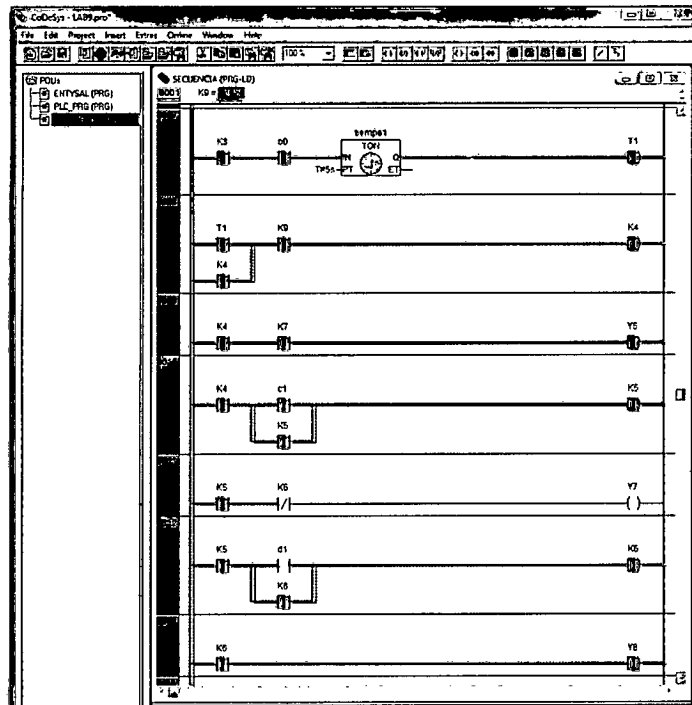
3.2.1.9-5b. Programación en CODESYS.



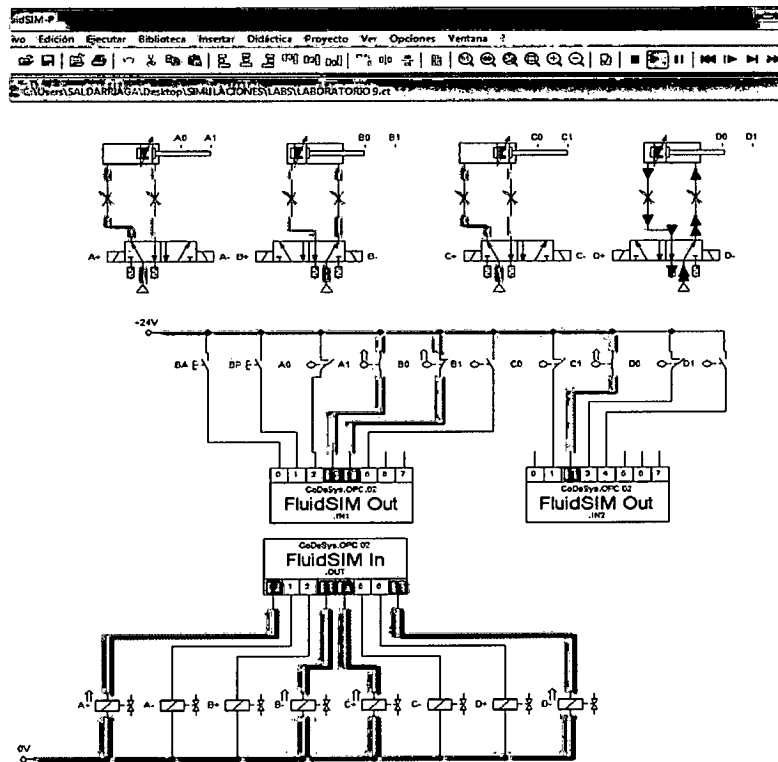
3.2.1.9-5c. Programación en CODESYS.



3.2.1.9-6. Simulación de la secuencia planteada.



3.2.1.9-7. Simulación en CODESYS.



3.2.1.9-8. Simulación en FluidSIM.

3.2.1.9.9 Conclusiones.

- La integración de los software CODESYS y FluidSIM se ejecutó satisfactoriamente.
- Se incorporó y programó los temporizadores de manera correcta en la secuencia.
- La simplicidad del método de programación en lenguaje de escalera representa una ventaja sobre los demás métodos que tienen falencias en el control doble.

3.2.1.9.10 Cuestionario.

- **¿Qué función cumplen los temporizadores en la secuencia?**
Son pausas que realiza el sistema para la acción de otros mecanismos sobre la secuencia.
- **¿La secuencia presentada es cíclica en esta práctica?**
No, la secuencia de cuatro cilindros no es cíclica, para repetir los movimientos se debe presionar el botón BA.
- **¿Cómo se haría repetitiva esta secuencia?**
Para que sea cíclica se debe romper todos los pasos, a excepción del sistema, es decir, del primer enclave.

CAPÍTULO IV

4.- ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 Pruebas y resultados de las simulaciones.

De las simulaciones se obtienen los siguientes resultados:

- Como se ha visto dentro del capítulo 3, el diseño de secuencias electroneumáticas mediante las metodologías secuencial y de programación en lenguaje ladder resulta ser muy sencillo y asegura un funcionamiento óptimo en comparación con los demás métodos.
- La simulación de secuencias electroneumáticas ofrece ventajas como: el aprendizaje en el control de dispositivos electroneumáticos, conocimiento del manejo y programación de controladores lógicos programables, la capacidad de desarrollar simulaciones de procesos electroneumáticos controlados mediante un PLC para verificar el correcto funcionamiento del programa diseñado con alguna metodología práctica.
- El diseño de secuencias electroneumáticas mediante el lenguaje de programación Ladder resulta ser muy eficaz y fácil de diseñar, pues simplifica el diseño de soluciones de control aplicado a las secuencias electroneumáticas en comparación con las otras metodologías de solución de secuencias. En el capítulo 2 se explicó que no se requieren de pasos complicados para la configuración y programación usando Ladder como lenguaje de programación.
- Los software Automation Studio y CODESYS resultan ser herramientas muy importantes para la realización de programas para el control de secuencias electroneumáticas diseñadas en ladder y para obtener un buen funcionamiento del sistema.
- El uso de la integración de software de programación y simulación FluidSim y CODESYS comunicados a través de un servidor OPC forman un bloque único de simulación de secuencias electroneumáticas que resulta ser una potente herramienta virtual para el diseño, implementación y comprobación de la solución propuesta para la secuencia electroneumática.
- Como se podrá apreciar en el análisis de los métodos, al aumentar la complejidad de las secuencias electroneumáticas, será más viable y recomendable el uso del método secuencial o el lenguaje de programación ladder, por sobre el método estado-fase, paso a paso o el método cascada.

- La elección de qué método usar para la solución de secuencias dependerá de las herramientas, las habilidades, preferencias y conocimientos del profesional asegurando que sea la mejor para el proceso electroneumático.
- Como se puede apreciar en las prácticas el diseño mediante la metodología de lenguaje Ladder representa un programa con menor cantidad de elementos en comparación con los demás métodos, además de tener un correcto funcionamiento y cumplir con los movimientos de la secuencia electroneumático dentro de un ambiente virtual.

4.1.1 Fortalezas.

- Está diseñado de una forma sencilla y de comprobación visual mediante diagramas. Es decir que el manual trae una disposición de ejemplos establecidos más su respectivo diagrama de solución el cual orienta al usuario cuando tenga alguna duda o problema al momento de diseñar correctamente cualquier tipo de secuencia de trabajo.
- Las prácticas se apoyan en software fáciles de utilizar, por lo tanto el alumno podrá luego de diseñar el circuito electroneumático que se presente, verificarlo y simularlo con la ayuda de diferentes software.

4.1.2 Oportunidades.

- Los alumnos necesitan una herramienta entendible para el estudio de la electroneumática y se hace posible a través de descripciones de elementos y métodos de resolución que ayudan y facilitan al usuario en la posibilidad de diseñar circuitos electroneumáticos sustentados en con software.

4.1.3 Debilidades.

- La falta de elementos físicos neumáticos y electroneumáticos para complementar el uso del módulo con prácticas reales. Refiriéndonos a lo complejo que puede ser por distintos motivos como la adquisición de elementos reales debido a altos costos.
- Falencias en el manejo de los software, pese a ser relativamente sencillos el manejo de lo software puede presentar vacíos en el alumno por falta de preparación o manipulación.

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

- El módulo cuenta con la metodología para el diseño y construcción de circuitos electroneumáticos, los cuales pueden ser de gran ayuda en la elaboración de sistemas de automatización, como los usados actualmente en la industria.
- El módulo de control electroneumático constituye una herramienta eficiente en la consolidación de los conocimientos en el área de electroneumática para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones ya que presenta los contenidos básicos de manera sencilla, correcta, y con una adecuada secuencia en sus contenidos.
- Las prácticas de laboratorio serán de utilidad para los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, en la aplicación de los principios teóricos de asignaturas relacionadas con el área de control y automatización.
- El desarrollo del módulo se realizó basándose en la necesidad que existe para realizar prácticas en el área de Electroneumática en la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- Se cumplieron satisfactoriamente los objetivos planteados en este trabajo llevando a cabo el diseño y simulación del módulo de sistemas Electroneumáticos.
- Cada una de las prácticas planteadas fue diseñada y simulada mediante software como Automation Studio, FluidSIM y CODESYS con un grado de dificultad ascendente. Permiten al alumno resolver diversos tipos de secuencias a través de métodos y solucionar problemas de diseño y electroneumático.
- A través del módulo y software se puede comparar y comprobar secuencias de trabajo de circuitos electroneumáticos.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Es recomendable implementar y comprobar el funcionamiento de las prácticas en los software de simulación ya mencionados.
- Al momento de realizar la ejecución de cada práctica preestablecida el estudiante debe verificar que los enlaces entre los solenoides y electroválvulas sean correctos, así como el módulo de comunicación del PLC para la utilización de las salidas y entradas respectivamente.
- Es necesario que los estudiantes realicen las prácticas en el orden ascendente como están distribuidas en el módulo.
- Se debe configurar de forma correcta los softwares de simulación y programación Codesys y FluidSim conectados mediante el servidor OPC para verificar el buen funcionamiento dentro de un ambiente virtual de la solución propuesta con el lenguaje ladder para las secuencias electroneumáticas planteadas.
- En el método de programación Ladder asegúrese de reiniciar el sistema mediante el rompimiento de todos los enclaves.
- En cada método analice y verifique que no se produzcan cruce de señales en las electroválvulas biestables.




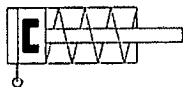

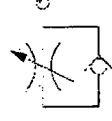
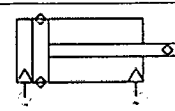

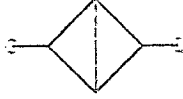
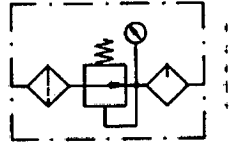

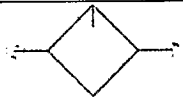
BIBLIOGRAFIA

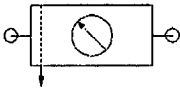
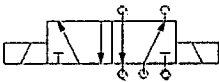

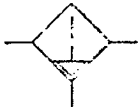
1. "Neumática e Hidráulica". CREUS, A.
https://books.google.com.pe/books?id=V_RjOrxMEw4C&printsec=frontcover&dq=NEUMATICA+E+HIDRAULICA+CREUS&hl=es&sa=X&ved=0CBwQ6AEwAGoVChMlifyd04P0xglVkfqACh1WGwKe#v=onepage&q=NEUMATICA%20E%20HIDRAULICA%20CREUS&f=false
2. "Automatización Electroneumática Industrial". MICRO.
<http://es.scribd.com/doc/98778765/Manual-Automatizacion-Electroneumatica-Industrial#scribd>
3. "Neumática Electroneumática Fundamentos". FESTO.
http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/573031_lb_pep_extracto_es.pdf
4. "Control electroneumático y electrónico". John Hyde.
https://books.google.com.pe/books?id=N4zt-YNZD5UC&pg=PR11&lpg=PR11&dq=electroneumatica+libro&source=bl&ots=aZt5r_KXT&sig=V9b70pgLJbQuuSYKPSv2KQqbJ8E&hl=es&sa=X&ei=QTnCVPiSJIm4ggTei4SQDA&ved=0CBoQ6AEwADgK#v=onepage&q=electroneumatica%20libro&f=true
5. "Manual consultivo de control neumático y electroneumático utilizando el software FESTO fluidSIM". Jairo David Centeno.
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/604>
6. "Circuitos Básicos de Ciclos Neumáticos y Electroneumáticos". Vicente Liadonosa Giró.
https://books.google.com.pe/books?id=57TaED7Qxw0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
7. "Neumática Práctica". A. Serrano Nicolás.
<https://books.google.com.pe/books?id=IUVsZSC6GsC&pg=PA301&lpg=PA301&dq=anulacion+se%C3%B1ales+permanentes+neumatica&source=bl&ots=7orzMFzS8H&sig=FKk5gtSOeyPeQhQzMNsnidape7E&hl=es&sa=X&ei=NhuTVfSCI4magwTE5oDQCg&ved=0CEMQ6AEwBg#v=onepage&q=anulacion%20se%C3%B1ales%20permanentes%20neumatica&f=true>

8. "Design & Simulation of Electro-Pneumatic System Using PLC Automation Studio". Aya Moowafaq Abd Elsatar.
<http://www.uotechnology.edu.iq/dep-cse/graduationprojects/2009-2010/aya.pdf>
9. "AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA". Salvador Millán Teja
https://books.google.com.pe/books?id=pC_VJpPEMJ4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbp_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
10. "FluidSIM® 5 Manual". Festo Didactic.
http://www.fluidsim.com/fluidsim/download/v5/fluidsim5_es.pdf
11. "AUTOMATION STUDIO". User's Guide
http://www.tekniikka.oamk.fi/~penttihu/hydraulijarjestelmat/automationstudio/AS4_GUI_EF01_008.pdf



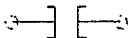
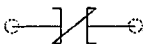
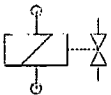



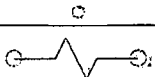



APENDICES

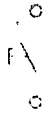
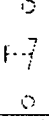
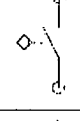

SIMBOLOGIA NEUMÁTICA

Regulador de presión	
Fuente de presión neumática	
	
Cilindro de simple efecto	
Silenciador	
Válvula estranguladora anti retorno	
Cilindro de doble efecto	
Válvula estranguladora	
Filtro	
Grupo de acondicionamiento del aire (FRL)	
Compresor	
Lubricador	

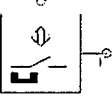
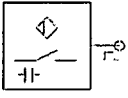
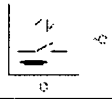

Grupo de acondicionamiento del aire (representacion simplificada)	
Electroválvula 5/2 biestable	
Manómetro	
Filtro y separador	

SIMBOLOGIA ELECTRICA

Relevador	
Motor eléctrico	
Contacto normalmente abierto (LADDER)	
Contacto normalmente cerrado (LADDER)	
Electroválvula	
Interruptor de posición mecánica normalmente abierto	
Interruptor de posición mecánica normalmente cerrado	
Fuente de alimentación	
Solenoid	
Contacto normalmente abierto	
Contacto normalmente cerrado	
Común	

Botón pulsador normalmente abierto	
Botón pulsador normalmente cerrado	
Interruptor detector de proximidad normalmente abierto	
Interruptor detector de proximidad normalmente cerrado	

SIMBOLOGIA DE SENSORES

Sensor magnético	
Sensor capacitivo	
Sensor inductivo	
Sensor de proximidad	
Sensor óptico	